

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Sportovní hala z materiálů na bázi dřeva

Sport hall made of wooden – based materials

Student:

Bc. Václav Musálek

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Ostrava 2011

PROHLAŠUJI, ŽE

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb.– autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́една́но, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́една́но, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Děkuji vedoucímu mé práce doc.Ing. Antonínu Lokajovi, Ph.D. za spolupráci, odborné vedení a poskytnutí cenných rad a informací při zpracování mé diplomové práce.

Anotace

Náplní diplomové práce je vypracovat dispoziční řešení sportovní haly pro míčové sporty. Vypracovat stručnou rešerši nosných systémů sportovních hal z materiálů na bázi dřeva. Dále provést návrh tří variant nosného systému haly. Pro jednu zvolenou optimální variantu zpracovat návrh a posouzení nosných prvků včetně spojů a ztužení haly. Vše musí být navrženo tak, abychom dosáhli co nejhospodárnějších průřezů. Musíme dbát na to, aby konstrukce vyhověla z hlediska mezních stavů, a sice Mezního stavu únosnosti a Mezního stavu použitelnosti, a veškeré výpočty byly provedeny dle platných vyhlášek a norem. V závěru je třeba navrhnout nejvhodnější způsob montáže nosného systému haly.

Klíčová slova

Dispoziční řešení, nosný systém, sportovní hala, dřevo, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti.

Annotation

The scope of diploma thesis is to develop a layout of sports hall for ball games. Develop a brief recherche of supporting systems of sports halls made out of wood-based material. Additionally, develop three variants of design for the hall supporting system. One of the selected optimal variant is to process design and assessment of load-bearing elements including joints and bracing hall. Everything must be designed in order to achieve the most cost-effective cross-sections. We must ensure that the design complied within the terms of limit states, namely, the ultimate limit state and the serviceability limit state and all calculations were made according to applicable regulations and standards. In conclusion, it is necessary to design the most appropriate method for assembling a hall supporting system.

Keywords

The layout, supporting system, a sports hall, wood, the ultimate limit state, the serviceability limit state.

Obsah diplomové práce

Anotace.....	5
Obsah diplomové práce	7
Průvodní a technická zpráva.....	9
1. Úvod.....	10
1.1 Všeobecný úvod	10
1.2 Popis sportovní haly.....	10
1.3 Situování haly	11
2. Rešerše nosných systémů sportovních hal	11
3. Dispoziční řešení	14
4. Varianty konstrukčního řešení sportovní haly.....	16
4.1 Variantní řešení č.1	16
4.2 Variantní řešení č.2	17
4.3 Variantní řešení č.3	18
4.4 Shrnutí konstrukčního řešení sportovní haly	21
5. Popis zatížení.....	22
5.1 Stálé zatížení	22
5.2 Nahodilé zatížení.....	22
5.3 Zatížení sněhem.....	22
5.4 Zatížení větrem	23
5.5 Vodorovné zatížení	25
6. Návrh a posouzení jednotlivých prvků konstrukce	26
6.1 Návrh a posouzení oblouku	26
6.2 Návrh a posouzení vaznice	27
6.3 Návrh a posouzení ztužení haly.....	29
6.4 Návrh a posouzení přípoje v uložení oblouku.....	31
6.5 Návrh a posouzení přípoje ve vrcholu oblouku	33
7. Návrh způsobu montáže nosného systému haly.....	33
8. Závěr.....	33
9. Seznamy	33
9.1 Seznam použité literatury.....	34
9.2 Seznam použitých internetových zdrojů	34
9.3 Seznam použitých obrázků	35
9.4 Seznam výkresů.....	36

9.5 Seznam použitých výpočetních a grafických programů	36
9.6 Ostatní seznamy	36
10. Statický výpočet	37

Průvodní a technická zpráva

1. Úvod

1.1 Všeobecný úvod

Cílem diplomové práce bylo navrhnout 3 varianty nosného systému sportovní haly z materiálů na bázi dřeva. Vše mělo být navrženo tak, abychom dosáhli co nejhospodárnějších průřezů. Bylo dbáno na to, aby konstrukce vyhověla z hlediska mezních stavů, a sice Mezního stavu únosnosti a Mezního stavu použitelnosti.

Dalším úkolem bylo navrhnout dispoziční řešení sportovní haly a potřebné zázemí. Samotná stavba se skládá ze dvou objektů vzájemně oddílaných. V první části je situováno zázemí sportovní haly (suterén, 1NP a 2NP). Druhou část tvoří sportovní hala určená pro míčové sporty, převážně pak pro tenis.

Inspiraci k tvorbě dispozic a volbě nosných systémů jsem našel v referenčních stavbách. Na základě těchto poznatků jsem vypracoval stručnou rešerši nosných systémů sportovních hal z materiálu na bázi dřeva.

V závěru práce je stručně popsán způsob montáže nosného systému sportovní haly.

1.2 Popis sportovní haly

Jak už bylo zmíněno, celá stavba se skládá ze dvou samostatně stojících objektů. Hlavní důraz je kladen na výpočet nosného systému samotné sportovní haly. Pro překlenutí nemalého rozpětí byl po propočtení tří variantních řešení zvolen nejvhodnější nosný systém, a sice použití trojkloubového oblouku. Užitím oblouku dosáhneme potřebných rozměrů sportovní haly a to nejen půdorysných, ale i výškových. Rozměry haly umožňují umístění tří tenisových kurtů normovaných rozměrů, v případě odstranění sloupků pro držení tenisové sítě je možno prostory využít pro další řadu míčových her. Výška haly sice neumožňuje organizaci turnajů na mezinárodní úrovni, je však postačující pro potřeby místního tenisového klubu.

Co se týká zázemí sportovní haly, slouží nejen pro potřeby převlékání a osobní hygieny, ale také pro relaxaci a posezení. Krom potřebných převlékacích a hygienických prostor se v objektu nachází také sauna, posilovna a restaurační zařízení s výhledem do prostor haly.

1.3 Situování haly

Ideální pozemek pro umístění sportovní haly se nachází ve městě Vratimově. Pozemek leží v zástavbě sportovních zařízení. Jde o parcelu s číslem 879 včetně přilehlých ploch, která je ve vlastnictví místního sportovního klubu FC Biocel Vratimov. Severo-západní okraj je lemován stromovým porostem, jiho-východní strana sousedí s fotbalovým hřištěm. Celková výměra pozemku činí 4500 m². Příjezd na pozemek je z ulice U Stadionu (asfaltová komunikace III. třídy). Pozemek se nachází v mírně svažitém terénu. V současné době je pozemek nevyužíván.

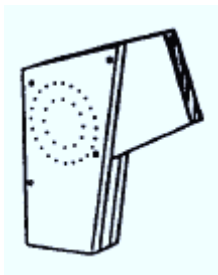
2. Rešerše nosných systémů sportovních hal

Rovinné rámy a oblouky jsou často používaným prvkem řešení nosných systémů sportovních hal. Rámové konstrukce jsou užívány pro rozpětí do 50 m, obloukové konstrukce až do rozpětí 100 m. Tyto konstrukce se provádějí jako plnostěnné, popřípadě příhradové vazníky.

V hojné míře je u těchto konstrukcí využíváno lepené lamelové dřevo. Rámy jsou buď zakřivené v místě přechodu mezi stojkou a příčlím (viz. Obr. č.1) nebo jsou pro stojky a příčle využity přímé prvky, kde vzájemná tuhost příčle a sloupku je zajištěna například pomocí kolíkového spoje (viz. Obr. č.2), popřípadě je využito oblouku (viz. Obr. č.3 a 4).



Obr. č. 1 – příklad rámu z LLD se zakřiveným rohem, viz.[12]



Obr. č. 2 – příklad provedení rámového rohu, viz.[12]

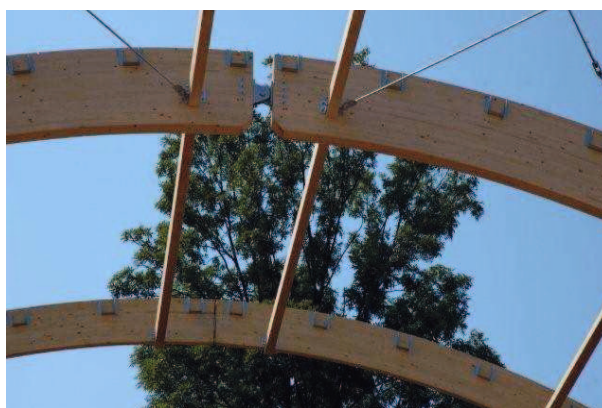


Obr. č. 3 – sportovní hala v Českém Těšíně, viz.[12]



Obr. č. 4 – sportovní hala v Českém Těšíně, viz.[12]

Nejčastější uložení těchto konstrukcí je pomocí kloubů umístěných v podporách (dvoukloubová konstrukce), popřípadě kloubů umístěných v podporách a ve vrcholu rámu (trojkloubová konstrukce, viz. Obr. č.5). Tímto vzniká staticky určitá konstrukce. Konstrukce vetknuté se takřka nepoužívají z důvodu vzniku velkých ohybových momentů v místě podpor, což by vedlo k velkému namáhání dřevěných prvků.



Obr. č. 5 – detail vrcholového kloubu, viz.[12]

Pro velká rozpětí a zatížení je vhodnější použít příhradových rámových konstrukcí (viz. Obr. č.6).



Obr. č. 6 – tenisová hala Turnov, viz.[12]

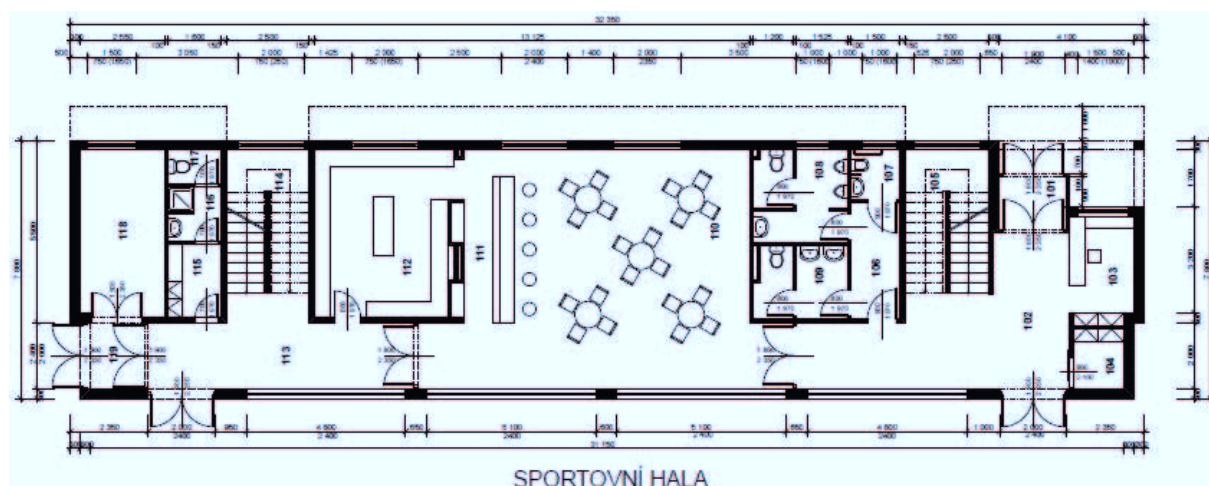
3. Dispoziční řešení

Samotná stavba se skládá ze dvou objektů vzájemně oddílaných. V první části je situováno zázemí sportovní haly (suterén, 1NP a 2NP). Druhou část tvoří sportovní hala určená pro míčové sporty, převážně pak pro tenis.

Objekt sportovní haly skýtá prostor pro umístění tří tenisových kurtů normovaných rozměrů. Výška haly neumožňuje organizaci turnajů na mezinárodní úrovni, je však postačující pro potřeby místního tenisového klubu. V případě odstranění sloupků pro držení tenisové sítě je možno prostory využít pro další řadu míčových her.

Hlavní vstup do zázemí objektu bude situován na uliční stranu sportovního zařízení. Zde jsou samostatně provedeny vchody pro návštěvníky a personál haly. Hlavní vstup do objektu je tvořen závětrím, které vzniklo předsazením druhého nadzemního podlaží. Ze zádveří se vchází do prostorné vstupní haly jejíž součástí je recepce. Naproti hlavního vchodu se nachází dveře, kterými se dostaneme do sportovní haly. Ze vstupní haly se dále můžeme dostat po schodech situovaných vpravo do přízemí nebo druhého nadzemního podlaží, dále na dámské a pánské WC, popřípadě přes prosklené dveře do restaurace tenisového klubu. Součástí restauračního zařízení je bar, přípravná jídel a šatna pro zaměstnance restaurace, včetně WC a sprchy. V zadní části 1NP se nachází sklad provozních potřeb, schodiště do přízemí a druhého nadzemního podlaží a vchod pro zaměstnance haly.

Všechny místnosti, až na dámské WC a šatnu s příslušenstvím zaměstnanců restaurace, jsou přirozeně odvětrány a osvětleny pomocí oken.



Obr. č. 7 – 1. nadzemní podlaží

měle.

The floor plan shows a building layout with the following rooms and features:

- Room 014: A large room on the left side.
- Room 015: A staircase located between rooms 014 and 012.
- Room 012: A large central hall or room.
- Room 011: A room containing a staircase and a set of stairs.
- Room 010: A room containing a staircase.
- Room 009: A kitchen area.
- Room 008: A bathroom area.
- Room 007: A room containing a staircase.
- Room 006: A room containing a staircase.
- Room 005: A room containing a staircase.
- Room 004: A room containing a staircase.
- Room 003: A room containing a staircase.
- Room 002: A room containing a staircase.
- Room 001: A room containing a staircase.
- Room 000: A room containing a staircase.

The scale bar at the top indicates dimensions in meters, with a total length of 21.500. The vertical scale bar on the right indicates dimensions in meters, with a total width of 7.800.

The floor plan of the Sports Hall (Sportovní hala) is a rectangular building with a central corridor (204) and several rooms on either side. The rooms include:

- Room 212:** A large room on the left side, containing a table and chairs.
- Room 211:** A small room adjacent to Room 212, containing a table and chairs.
- Room 210:** A room containing a table and chairs.
- Room 209:** A room containing a table and chairs.
- Room 208:** A room containing a table and chairs.
- Room 207:** A room containing a table and chairs.
- Room 206:** A room containing a table and chairs.
- Room 205:** A room containing a table and chairs.
- Room 201:** A room containing a table and chairs.
- Room 202:** A room containing a table and chairs.
- Room 203:** A room containing a table and chairs.

The plan also shows a central corridor (204) and a staircase (201). Dimensions are provided for the overall building and individual rooms.

Chodba v prvním i druhém nadzemním podlaží je prosklená směrem do prostorů sportovní haly. Toto umožňuje zpříjemnění pobytu hostu restaurace i posilovny.

Obvodové svislé nosné konstrukce suterénu jsou provedeny pomocí ŽB stěny tl. 150 mm. Vnější stěna bude tepelně izolována extrudovaným polystyrenem tl. 150 mm. Vnitřní nosné zdi jsou tvořeny stěnou ze sloupků rozměrů 40 x 140 mm, co 400 mm, mezi nimiž je zvuková izolace. Stěna je z obou stran opláštěná OSB deskou. Příčky jsou tvořeny ze sloupků 40 x 100 mm, co 400 mm, mezi nimiž je zvuková izolace. Stěna je taktéž z obou stran opláštěná OSB deskou.

Obvodové nosné konstrukce a vnitřní nosné a nenosné konstrukce v 1. a 2. nadzemním podlaží jsou provedeny sloupkovým systémem jako stěny v přízemí. Obvodová stěna izolována tepelnou izolací tl. 150 mm.

Stropní konstrukce nad suterénem, prvním a druhým nadzemním podlažím je tvořena dřevěnými stropními nosníky spřaženými s ŽB deskou.

Schodiště spojující první nadzemní podlaží se suterénem a druhým nadzemním podlažím je dvouramenné. Schodiště je provedeno ze dřeva.

Výpočet stropní konstrukce, nosných svislých konstrukcí, schodiště a základů není součástí zadání diplomové práce.

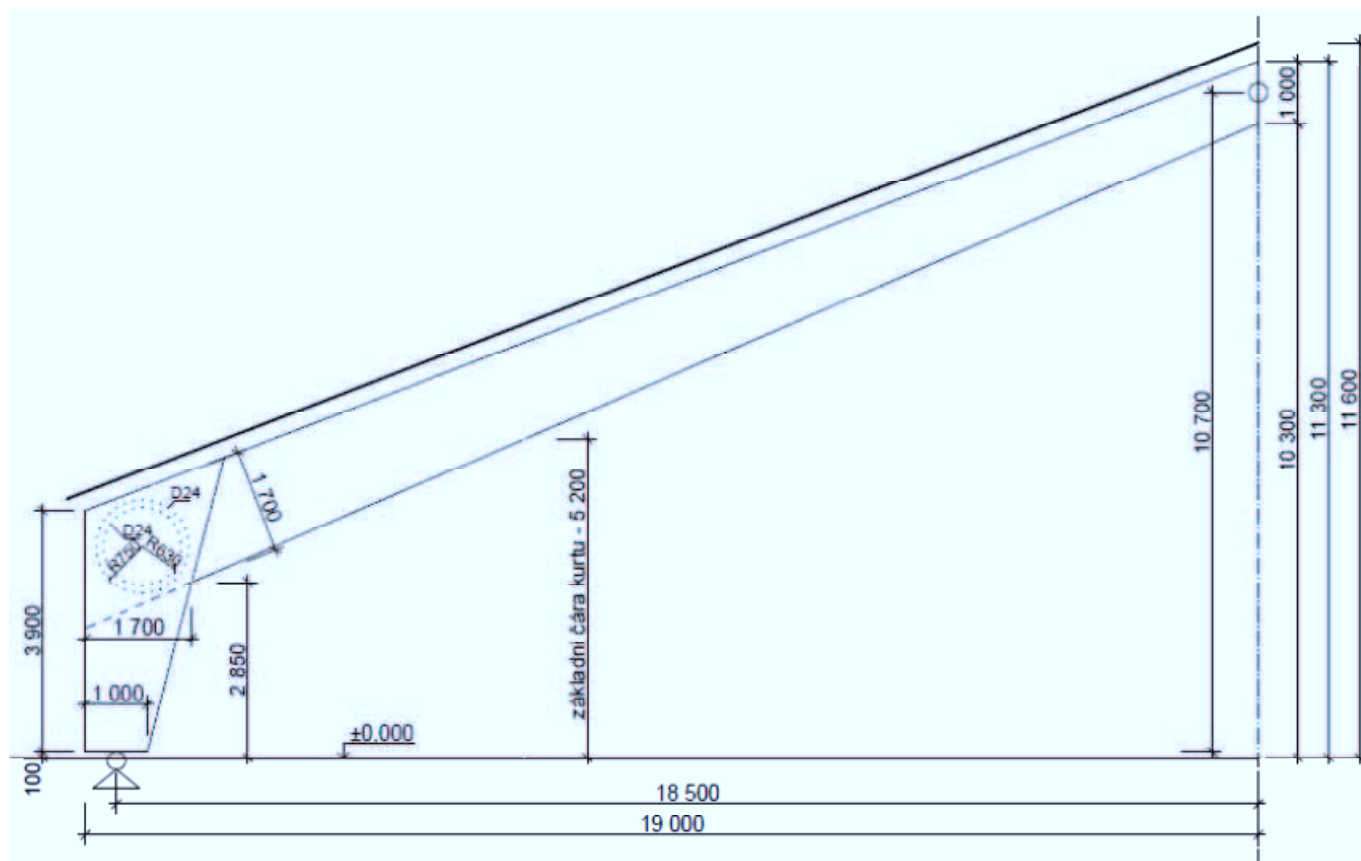
4. Varianty konstrukčního řešení sportovní haly

4.1 Variantní řešení č. 1

Jako statický prvek byl zvolen trojkloubový rám s klouby v podporách a ve vrcholu, se sklonem střešní roviny 21° . Celá konstrukce sportovní haly se skládá z 11 ráků, rozmístěných co 6 m. Materiálem konstrukce je lepené lamelové dřevo GL 24. Rám se skládá z jednodílné příčle a dvoudílného sloupku. Příčel i sloupek mají po průřezu rozdílnou výšku, nejen z důvodu odlehčení konstrukce, ale i z důvodů estetických. Příčel má v místě rámového spoje rozměr 200 x 1700 mm, dále se po délce rovnoměrně snižuje až na rozměr 200 x 1000 mm v místě kloubového uložení ve vrcholu rámové konstrukce. Sloupek má v místě rámového rohu rozměr 2 x 200 x 1700 mm a v místě uložení je taktéž rovnoměrně po délce redukován na rozměr 2 x 200 x 1000 mm. Vzájemná tuhost příčle a sloupku je zajištěna pomocí kolíkového spoje. Tento spoj je tvořen ocelovými kolíky uspořádanými do dvou kruhů, z nichž jeden má poloměr 750 mm a je v něm rovnoměrně

rozmístěno 32 kusů ocelových kolíků pevnosti 4.8 a druhý má poloměr 630 mm a je v něm rovnoměrně rozmístěno 26 kusů kolíků pevnosti 4.8.

Na rámy jsou připevněny dřevěné vaznice z lepeného lamelového dřeva GL 24. Vaznice jsou po příčli pravidelně rozmístěny co 2 m. Rozměr vaznice je 140 x 320 mm. Vaznice je k rámové konstrukci připevněna pomocí statického třmenu BOVA BV/T 11-31 140 x 220 mm.



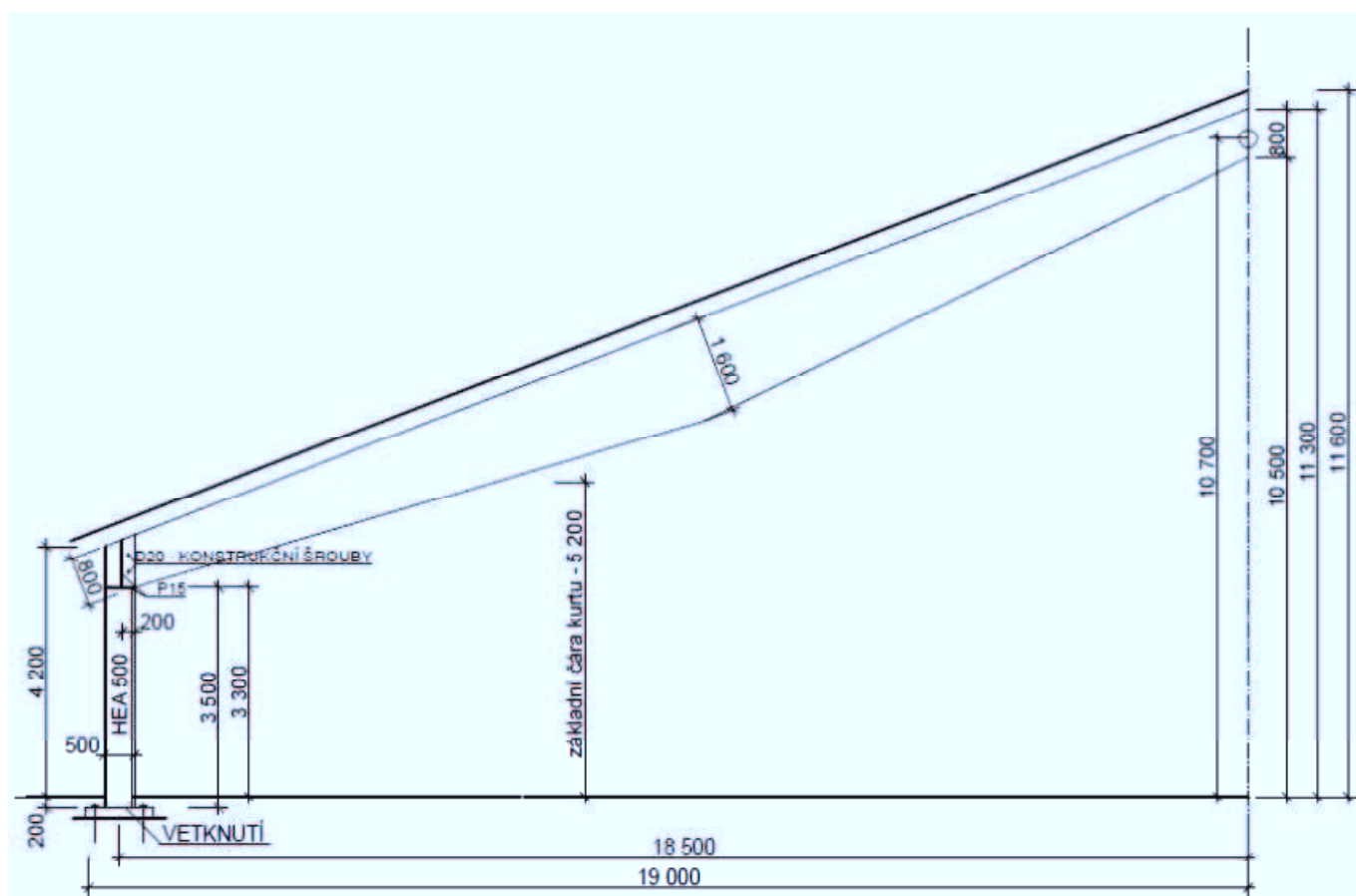
Obr. č. 10 – variantní řešení č. 1

4.2 Variantní řešení č. 2

Tato varianta byla provedena jako staticky určitá konstrukce složená z vetknutého sloupu a prostě uložené příčle, se sklonem střešní roviny 21°. Celá konstrukce sportovní haly se skládá z 11 ráků, rozmístěných co 6 m. Z důvodu vzniku velkých ohybových momentů ve vetknutí sloupu, je sloup navržen z ocelového profilu HEA 500, třídy S355. Samotná příčel je navržena z lepeného lamelového dřeva GL 24. Příčel má po průřezu rozdílnou výšku, nejen z důvodu odlehčení konstrukce, ale i z důvodů estetických. Příčel

má v místě uložení na sloup rozměr 200 x 800 mm, dále se po délce rovnoměrně rozšiřuje až na rozměr 200 x 1700 mm v místě největšího ohybového momentu a směrem k vrcholu je průřez rovnoměrně redukován na rozměr 200 x 800 mm. Ve spoji příčle a sloupu je dřevěný profil namáhán pouze vlastním otláčením, veškeré zatížení vznikající ve spoji je přenášeno ocelovým profilem.

Na rámy jsou připevněny dřevěné vaznice z lepeného lamelového dřeva GL 24. Vaznice jsou po příčli pravidelně rozmístěny co 2 m. Rozměr vaznice je 140 x 320 mm. Vaznice je k rámové konstrukci připevněna pomocí statického třmenu BOVA BV/T 11-31 140 x 220 mm.

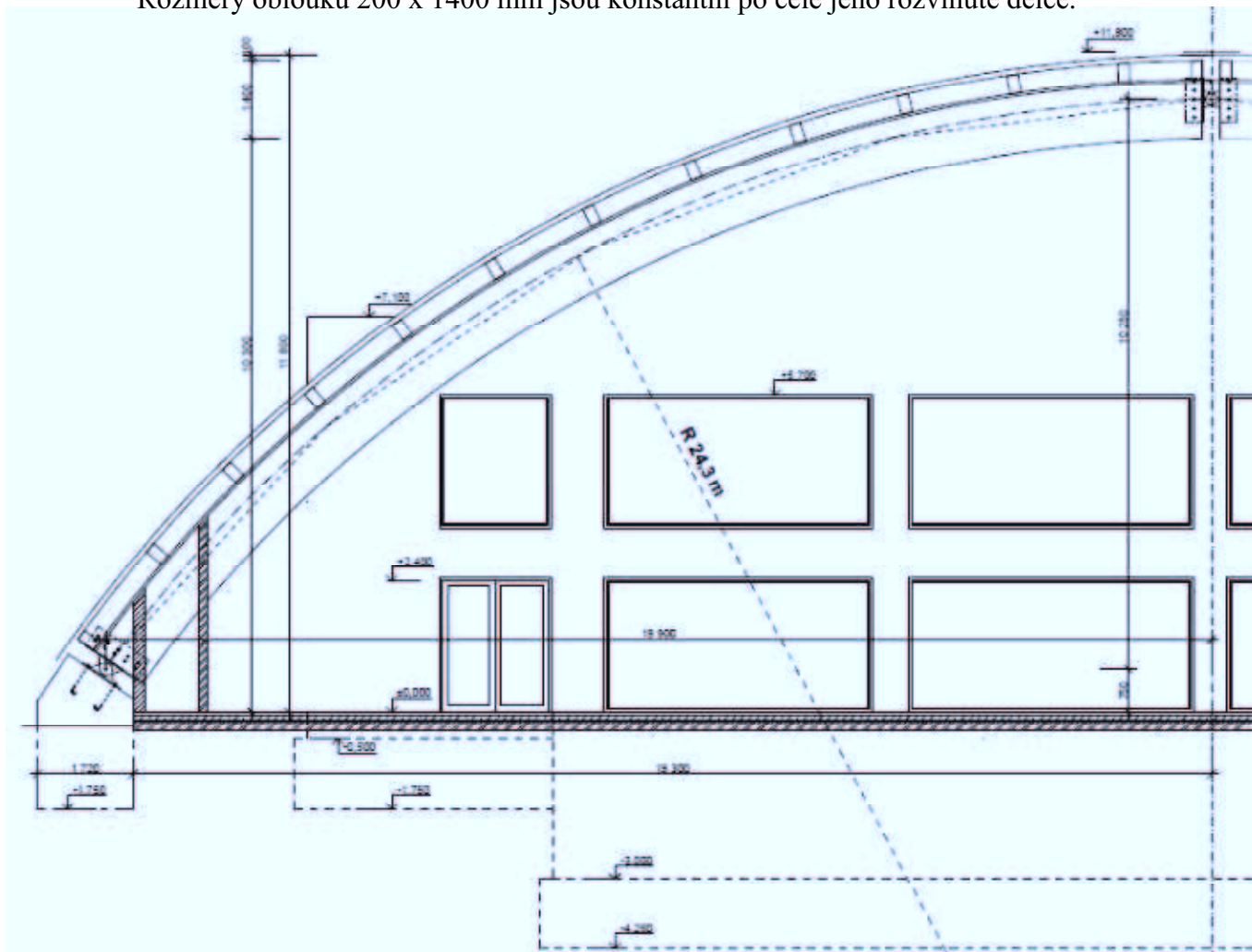


Obr. č. 11 – variantní řešení č.2

4.3 Variantní řešení č. 3

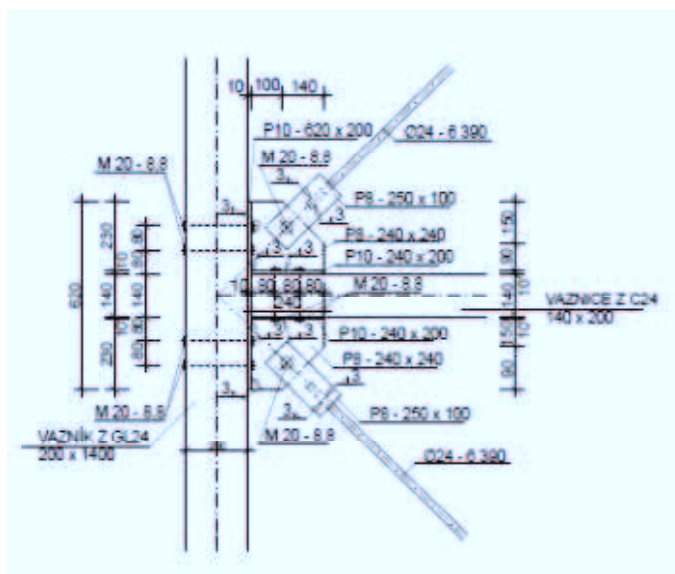
Poslední varianta je zároveň variantou finální. Z důvodu vznikajícího velkého namáhání materiálu, zejména pak lepeného lamelového dřeva, v předchozích dvou variantních řešeních, byl zvolen staticky určitý trojkloubový oblouk. Tento způsob zastřešení je pro dané rozpětí neoptimálnější. Oblouk je pro větší rozpětí vhodnější než klasický rám, protože ohybové momenty vznikající v oblouku jsou poměrně menší než

ohybové momenty vznikající v klasické rámové konstrukci. Celá konstrukce sportovní haly se skládá z 11 oblouků, rozmístěných co 6 m. Navržený materiál konstrukce je lepené lamelové dřevo GL 24. Navržený oblouk má rozpětí 39,8 m a vzepětí 10,25 m. Rozměry oblouku 200 x 1400 mm jsou konstantní po celé jeho rozvinuté délce.



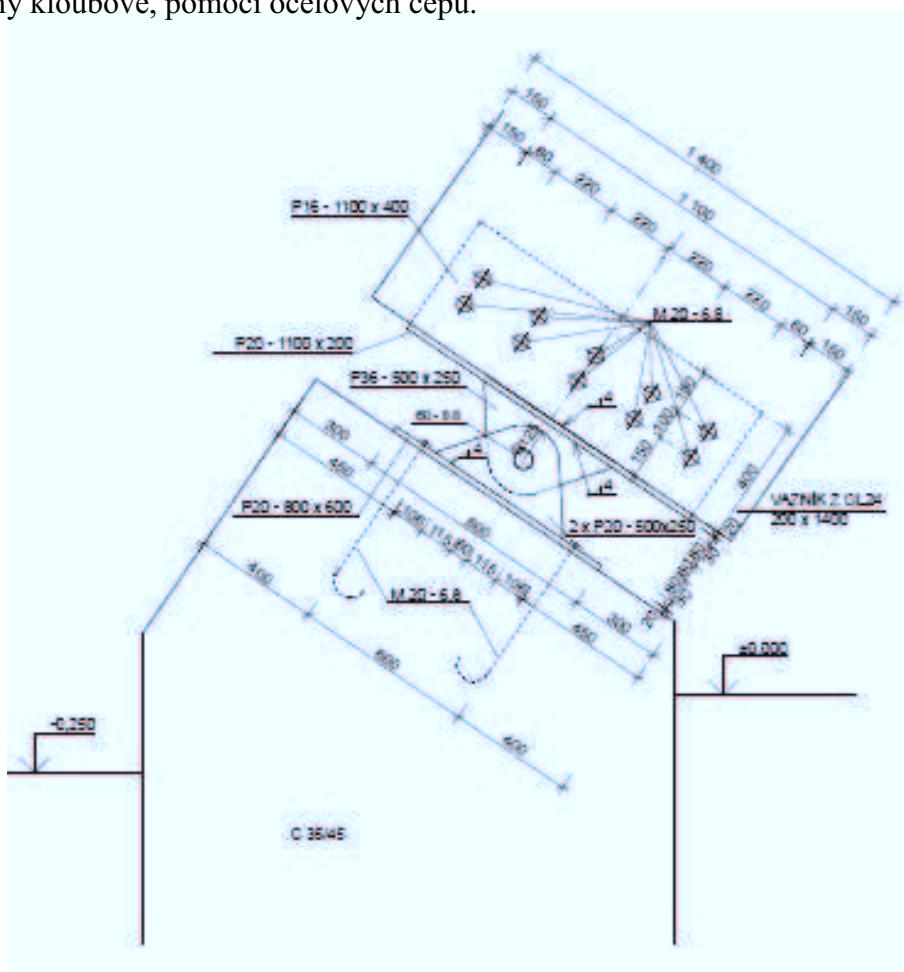
Obr. č. 12 – variantní řešení č.3

Zajištění celkové příčné a torzní stability je zprostředkováno pomocí dvou pásu ztužidel umístěných na začátku a konci haly. Ztužidla přenášejí jednak vnější zatížení, jako jsou zatížení větrem nebo třením větru o konstrukci, jednak vnitřní stabilizující síly. Bylo navrženo ocelové ztužidlo kruhového průřezu o průměru 24 mm, třídy S235, které bude předepnuto pomocí napínací matice. Připojení ztužidla k vazníku a vaznici je navrženo pomocí svařeného profilu (viz. obrázek č.13).

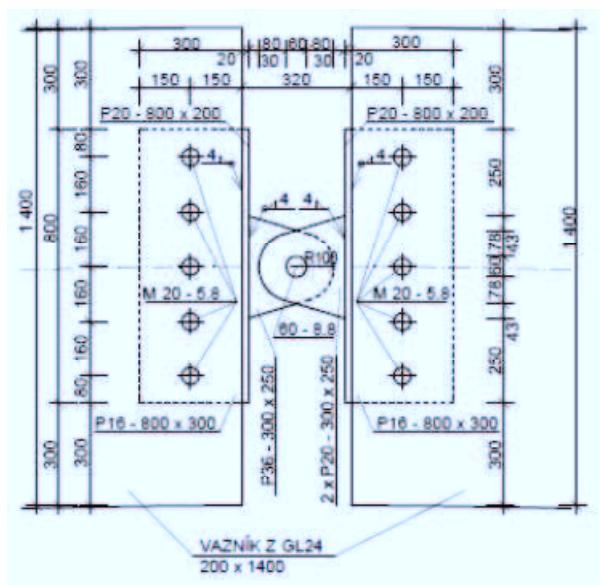


Obr. č. 13 – detail připojení ztužidla

Přípoje oblouku v uložení (viz. Obr. č. 14) a ve vrcholu (viz. Obr. č. 15) jsou provedeny kloubově, pomocí ocelových čepů.

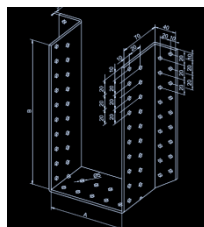


Obr. č. 14 – detail připojení oblouku k základu



Obr. č. 15 – detail připojení oblouku ve vrcholu

Na rámy jsou připevněny dřevěné vaznice z lepeného lamelového dřeva GL 24. Vaznice jsou po oblouku pravidelně rozmístěny co 2 m. Rozměr vaznice je 200 x 340 mm. Vaznice je k rámové konstrukci připevněna pomocí statického třmenu BOVA BV/T 11-40 200 x 240 mm (viz. Obr. č. 16).



Obr. č. 16 – třmen BOVA [16]

4.4 Shrnutí konstrukčního řešení sportovní haly

Variantní řešení číslo 3 bylo vybráno z důvodu statických, estetických i ekonomických. Užitím oblouku docílíme většího rozpětí a hospodárnějšího průřezu než při užití rámu a zajistíme potřebné rozměry sportovní haly, a to nejen půdorysné, ale i výškové.

5. Popis zatížení

V této kapitole je popsán výpočet jednotlivých druhů zatížení, které působí na konstrukci v charakteristických hodnotách. Jedná se především o zatížení stálé a užité, klimatické zatížení sněhem a větrem. Výpočet proveden dle ČSN EN 1991-1-1, 3 a 4.

5.1 Stálé zatížení

Zvolením vhodné skladby střešní konstrukce zajistíme potřebné tepelně technické vlastnosti konstrukce.

	gk [kN/m²]
Sendvičový panel BROLLO RADIUS:PGB-CTD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,15
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,2 x 0,34 m) co 2 m, 500 kg/m ³	0,25
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1
Dřevěný vazník z GL 24 (0,2 x 1,4 m) co 6 m, 500 kg/m ³	1,06

5.2 Nahodilé zatížení

	qk [kN/m²]
Užitné zatížení při opravách, 75 kg/m ²	0,75

- toto zatížení není dominantní, nepočítáme s ním.

5.3 Zatížení sněhem

Výpočet zatížení sněhem se provádí na základě sněhové oblasti, ve které se daný objekt nachází. Pro navrhovanou sportovní halu byla vybrána lokalita města Vratimov, která se nachází ve sněhové oblasti č. II. U obloukových konstrukcí zatěžujeme konstrukci nenavátým a navátým sněhem. Tyto dva stavy spolu vzájemně nekombinujeme.

Výpočet charakteristického zatížení sněhem:

$$s_{k,1} = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s_{k,2} = 0,5 \cdot s_{k,1}$$

s_k – charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

C_e – součinitel expozice

C_t – tepelný součinitel

μ_3 – tvarový součinitel zatížení sněhem

5.4 Zatížení větrem

Výpočet zatížení větrem se taktéž provádí na základě větrné oblasti, ve které se daný objekt nachází. Pro navrhovanou sportovní halu byla vybrána lokalita města Vratimov.

Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0}$$

C_{dir} – součinitel směru větru

C_{season} – součinitel ročního období

$v_{b,0}$ – základní tlak větru

Základní tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

ρ – hustota vzduchu závislá na nadmořské výšce

Charakteristická střední rychlost větru:

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

$c_r(z)$ – součinitel drsnosti

$c_0(z)$ – součinitel ortografie

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} \quad \text{ale} \quad z \geq z_{\min}$$

z_0 – parametr drsnosti terénu

z_{\min} – minimální výška

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

Intenzita turbulence:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} \quad \text{pro} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

k_1 – součinitel turbulence

Maximální charakteristický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2$$

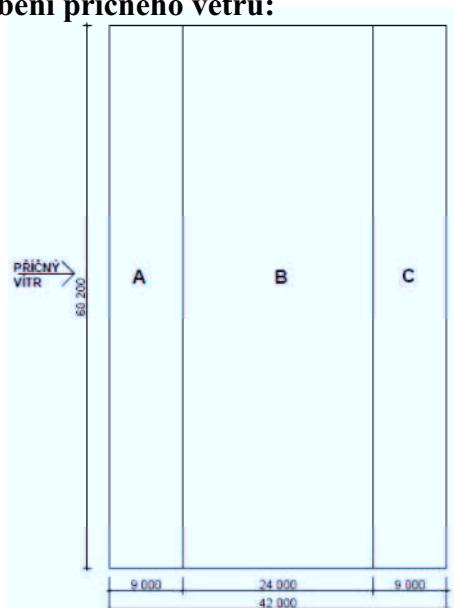
Když známe charakteristickou hodnotu maximálního tlaku větru, provedeme výpočet zatížení větrem na jednotlivé povrchy konstrukce :

$$w_k = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi})$$

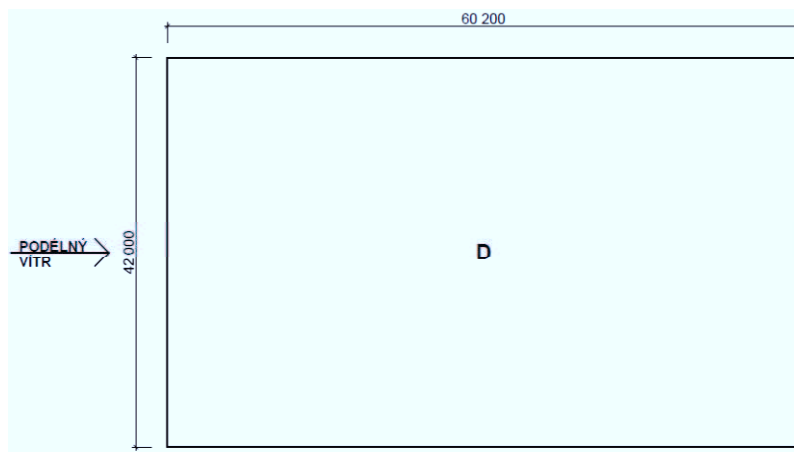
C_{pe} – součinitel vnějšího tlaku

C_{pi} – součinitel vnitřního tlaku

Znázornění působení příčného větru:



Obr. č. 17 – plocha působení příčného větru

Znázornění působení podélného větru:

Obr. č. 18 – plocha působení podélného větru

5.5 Vodorovné zatížení**Výpočet zatížení od tření větru o povrch konstrukce:**

$$F_{fr} = C_{fr} \cdot q_p(z) \cdot A_{fr}$$

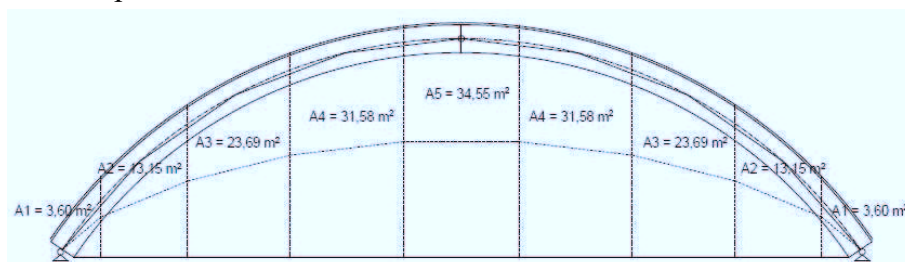
C_{fr} – součinitel tření

A_{fr} – referenční plocha tření

Výpočet zatížení od tlaku větru na povrch konstrukce:

$$F_{k,c,n} = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) \cdot A_n$$

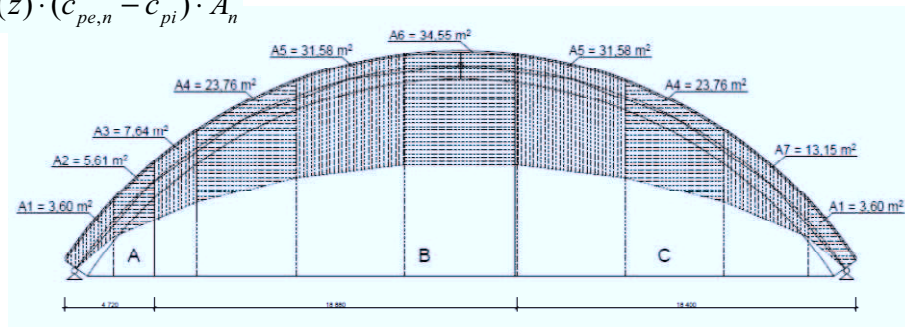
A_n – referenční plocha tření



Obr. č. 19 – plocha působení tlaku na stěnu haly

Výpočet zatížení od sání větru:

$$F_{k,s,n} = q_p(z) \cdot (c_{pe,n} - c_{pi}) \cdot A_n$$



Obr. č. 20 – plocha působení sání na stěnu haly

Výpočet zatížení od vnitřního zatížení konstrukce:

Výpočet zatížení, které slouží pro návrh a posudek ztužení haly.

$$F_{qk} = k_l \cdot \left(n \cdot \frac{N_k}{k_{f,2} \cdot l} \right) \cdot L_z$$

K_l – součinitel

n – počet rovnoběžných prvků soustavy

N_k – charakteristická hodnota tlakové síly v prvku

$k_{f,2}$ – modifikační součinitel

l – rozpětí oblouku

L_z – délka pole jednoho ztužidla

6. Návrh a posouzení jednotlivých prvků konstrukce**6.1 Návrh a posouzení oblouku**

Staticky určitá trojkloubová oblouková konstrukce o rozpětí 39,8 m a vzepětí 10,25 m z lepeného lamelového dřeva GL24. Konstrukci tvoří celkem 11 oblouků ve vzdálenostech co 6 m. Rozměry oblouku jsou 200 x 1400 mm. Konstrukci posuzujeme z hlediska Mezního stavu únosnosti a Mezního stavu použitelnosti. Je třeba posoudit únosnost při kombinaci tlaku a ohybu, únosnost konstrukce ve smyku a únosnost konstrukce při tahu kolmo k vláknům. V závěru je posouzen dovolený průhyb. Posudek proveden dle ČSN EN 1995–1–1.

Posudek únosnosti konstrukce při kombinaci tlaku a ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot k_r \cdot f_{m,d}} \right)^2 \leq 1$$

$\sigma_{c,0,d}$ – návrhové napětí v tlaku

$k_{c,y}$ – součinitel vzpěrnosti

$f_{c,0,d}$ – výpočtová pevnost v tlaku

$\sigma_{m,y,d}$ – návrhové napětí v ohybu

k_{crit} – součinitel pevnosti příčné a torzní stability

k_r – součinitel

$f_{m,d}$ – výpočtová pevnost v ohybu

Posudek únosnosti konstrukce ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{A} \leq f_{v,d}$$

$\tau_{v,d}$ – návrhové napětí ve smyku

V_{ED} – maximální posouvající síla

A – plocha průřezu

$f_{v,d}$ – výpočtová pevnost ve smyku

Posudek únosnosti konstrukce při tahu kolmo k vláknům:

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$\sigma_{t,90,ap,d}$ – návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům

k_{dis} – součinitel, který zohledňuje rozdělení napětí ve vrcholové části

k_{vol} – součinitel objemu

$f_{t,90,d}$ – výpočtová pevnost v tahu

$\sigma_{c,0,d}$ – návrhové napětí v tlaku

$f_{c,0,d}$ – výpočtová pevnost v tlaku

Posudek dovoleného průhybu konstrukce:

$$W_{inst} + W_{creep} \leq W_{lim}$$

W_{inst} – okamžitý průhyb konstrukce

W_{creep} – průhyb od dotvarování konstrukce

W_{lim} – limitní hodnota průhybu pro danou konstrukci

6.2 Návrh a posouzení vaznice

Prostě podepřená vaznice z lepeného lamelového dřeva GL 24, rozpětí 5,8 m, umístěna co 2 m po obvodu oblouku. Rozměry vaznice jsou 200 x 340 mm. K vazníku je připojena pomocí statického třmenu BOVA BV/T 11-40, 200 x 240 mm. Vaznici

posuzujeme z hlediska Mezního stavu únosnosti a Mezního stavu použitelnosti. Je třeba posoudit únosnost při dvojosém ohybu a únosnost konstrukce ve smyku. V závěru je posouzen dovolený průhyb. Posudek proveden dle ČSN EN 1995–1–1.

Posudek konstrukce v dvojosém ohybu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$\sigma_{m,y,d}$ – návrhové napětí v ohybu ve směru y

$f_{m,d}$ – výpočtová pevnost v ohybu

k_m – součinitel zohledňující obdélníkový průřez z LLD

$\sigma_{m,z,d}$ – návrhové napětí v ohybu ve směru z

Posudek únosnosti konstrukce ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{A} \leq f_{v,d}$$

$\tau_{v,d}$ – návrhové napětí ve smyku

V_{ED} – maximální posouvající síla

A – plocha průřezu

$f_{v,d}$ – výpočtová pevnost ve smyku

Posudek dovoleného průhybu konstrukce:

$$W_{inst} + W_{creep} \leq W_{lim}$$

W_{inst} – okamžitý průhyb konstrukce

W_{creep} – průhyb od dotvarování konstrukce

W_{lim} – limitní hodnota průhybu pro danou konstrukci

Posudek přípoje vaznice k oblouku:

Posudek proveden podle vzorců a předpisů udaných výrobcem statického třmene BOVA BV/T 11-40, 200 x 240 mm.

6.3 Návrh a posouzení ztužení haly

Zajištění celkové příčné a torzní stability je zprostředkováno pomocí dvou pásu ztužidel umístěných na začátku a konci haly. Ztužidla přenášejí jednak vnější zatížení, jako jsou zatížení větrem ať už tlakem, sáním nebo třením větru o konstrukci, jednak vnitřní stabilizující síly. Bylo navrženo ocelové ztužidlo kruhového průřezu o průměru 24 mm, třídy S235, které bude předepruto pomocí napínací matice. Připojení ztužidla k vazníku a vaznici je navrženo pomocí svařeného profilu přichyceného k vazníku a vaznici pomocí šroubů (viz. obrázek č.13). Posudek proveden dle ČSN EN 1995–1–1, ČSN EN 1993–1–8.

Posudek únosnosti ztužidla v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_y \cdot A_z}{\gamma_{M0}} \geq N_z$$

$N_{pl,Rd}$ – únosnost prvku

f_y – pevnost oceli

A_z – plocha průřezu prvku

γ_{M0} – součinitel bezpečnosti oceli

N_z – normálová síla působící ve ztužidlu

Posudek otlačení dřevěných prvků:

Plastický moment únosnosti jednoho svorníku :

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$$

$F_{u,k}$ – pevnost šroubu

d – průměr šroubu

Charakteristická pevnost v otlačení v dřevěném prvku:

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

ρ_k – objemová hmotnost dřevěného prvku

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 0,4 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \right. \\ \left. 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} \right\}$$

$$F_{V,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{V,Rk}}{\gamma_M} \leq F_{ED}$$

k_{mod} – modifikační součinitel

F_{ED} – návrhová síla v prvku

γ_M – součinitel bezpečnosti

Posudek únosnosti svorníku ve střihu:

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \leq F_{V,ED}$$

α_V – součinitel pro střih

$F_{V,ED}$ – návrhová síla v prvku

f_{ub} – charakteristická pevnost šroubu

$\gamma_{M,2}$ – součinitel bezpečnosti

A_z – plocha průřezu šroubu

Posudek únosnosti plechu v otlačení:

Výpočet součinitelů v závislosti na pevnosti šroubu, plechu a umístění šroubů :

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \end{array} \right\}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \end{array} \right\}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} \geq F_{V,ED}$$

t_p – tloušťka plechu

Posudek únosnosti svarových přípojí:

$$\tau_{II} = \frac{F_v}{A}$$

τ_{II} – smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

F_v – návrhová osová síla

A – plocha svarového přípoje

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_h}{A}$$

τ_{\perp} – smykové napětí kolmé ke svaru

σ_{\perp} – normálové napětí kolmé k rovině nebezpečného průřezu

F_h – návrhová kolmá síla

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

β_w – korekční faktor

6.4 Návrh a posouzení přípoje v uložení oblouku

Přípoje oblouku v uložení provedeno kloubově pomocí čepu (viz. Obr. č. 14). Posudek proveden dle ČSN EN 1995–1–1, ČSN EN 1993–1–8.

Posudek otlačení dřevěných prvků:

VIZ. kapitola 6.3

Posudek únosnosti svorníku ve střihu:

VIZ. kapitola 6.3

Posudek únosnosti plechu v otlačení:

VIZ. kapitola 6.3

Posudek únosnosti svarových přípojí:

VIZ. kapitola 6.3

Návrh a posudek únosnosti čepu:

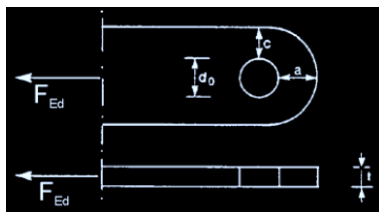
návrh tloušťky plechu :

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}}$$

návrh průměru čepu :

$$d \leq 2,5 \cdot t$$

geometrie průřezu :



Obr. č. 21 – určení rozměrů průřezu čepu, viz. [5]

$$a \geq \frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3}$$

únosnost čepu ve stříhu :

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \frac{A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} \geq F_{V,ED}$$

únosnost čepu a plechu v otláčení :

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot 2 \cdot t_2 \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \geq F_{V,ED}$$

únosnost čepu v ohybu :

$$M_{ED} = \frac{F_{ED}}{8} \cdot (t_1 + 2 \cdot t_2 + 4 \cdot t_3) \leq M_{RD} = 1,5 \cdot W_0 \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{M0}}$$

t_1 – tloušťka plechu č.1

t_2 – tloušťka plechu č.2

t_3 – vzdálenost mezi t_1 a t_2

W_0 – modul průřezu čepu

6. Návrh a posouzení přípoje ve vrcholu oblouku

Přípoje oblouku ve vrcholu oblouku je provedeno kloubově pomocí čepu (viz. Obr. č. 15). Posudek proveden dle ČSN EN 1995–1–1, ČSN EN 1993–1–8.

Návrh a posudek únosnosti spoje :

VIZ. kapitola 6.4

7. Návrh způsobu montáže nosného systému haly

Stavební práce započneme odstraněním dřevin na pozemku, sejmutím ornice a výkopem stavební rýhy. Základová konstrukce sportovní haly je navržena z železobetonových monolitických patek, které jsou z důvodu zajištění stability a ztužení v dolní části propojeny železobetonovým monolitickým pásem. Po dokončení základové konstrukce, včetně uplynutí doby nutné k dosažení potřebné únosnosti železobetonu, provedeme montáž hlavních nosných prvků haly.

Středem haly bude postavena podpůrná konstrukce v délce potřebné pro současnou montáž dvou až tří nosných prvků, která bude sloužit pro podepření oblouků a zajištění jejich stability po dobu montáže a pro zajištění pohybu dělníků vykonávajících montáž nosné konstrukce. Podpůrná konstrukce bude postupně přemísťována v závislosti na montáži jednotlivých polí. Nejprve bude provedena montáž dvou krajních oblouků, včetně ztužení a vaznic, čímž dojde ke stabilizaci konstrukce. Postupně se bude podpůrná konstrukce přesouvat a budou připojovány další oblouky a vaznice, až do dosažení druhého konce haly. Pro vertikální a horizontální dopravu konstrukčních prvků využijeme autojeřábu o nosnosti 10t.

Nakonec se provede montáž střešního pláště a čelních stěn z nichž stěna severo-východní bude prosklená.

8. Závěr

V diplomové práci jsem navrhl dispoziční řešení sportovní haly. Provedl jsem návrh tří variant nosného systému haly z materiálů na bázi dřeva. Jako optimální variantní řešení jsem vybral konstrukci tvořenou trojkloubovým obloukem z lepeného lamelového dřeva GL24. Tuto variantu jsem zvolil z důvodu statických, estetických i ekonomických. Užitím oblouku docílíme většího rozpětí a hospodárnějšího průřezu než při užití rámu a

zajistíme potřebné rozměry sportovní haly, a to nejen půdorysné, ale i výškové. Provedl jsem posouzení konstrukčních prvků včetně spojů a ztužení haly z hlediska Mezního stavu únosnosti a Mezního stavu použitelnosti. V závěru jsem provedl návrh způsobu montáže nosného systému sportovní haly.

9. Seznamy

9.1 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1 : obecná zatížení
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3 : zatížení sněhem
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4 : zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1 : obecná pravidla
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8 : navrhování styčníků
- [6] ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1 : obecná pravidla
- [7] ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1 : obecná pravidla
- [8] Blass, H.J. a kol. : Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Step 1. Navrhování a konstrukční a konstrukční materiály. Vydal Koželouh, B. - Kodr Zlín, 1998
- [9] Blass, H.J. a kol. : Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. Step 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Vydal Informační centrum ČKAIT, 2004.
- [10] Neufert, F. Navrhování staveb, Praha Consultinvest, 1995
- [11] Novotný, J. Cvičení z pozemního stavitelství pro 1. a 2. ročník, konstrukční cvičení pro 3. a 4. ročník SPŠ stavební.

9.2 Seznam použitých internetových zdrojů

- [12] <http://fast10.vsb.cz/temtis>
- [13] <http://steelmontok.cz>
- [14] <http://cs.wikipedia.org>
- [15] <http://cuzk.cz>
- [16] <http://bova-nail.cz>

9.3 Seznam použitých obrázků

- Obr. č.1 příklad rámu z LLD se zakřiveným rohem
- Obr. č.2 příklad provedení rámového rohu
- Obr. č.3 sportovní hala v Českém Těšíně
- Obr. č.4 sportovní hala v Českém Těšíně
- Obr. č.5 sportovní hala v Českém Těšíně
- Obr. č.6 tenisová hala Turnov
- Obr. č.7 1. nadzemní podlaží
- Obr. č.8 Suterén
- Obr. č.9 2. nadzemní podlaží
- Obr. č.10 variantní řešení č. 1
- Obr. č.11 variantní řešení č. 2
- Obr. č.12 variantní řešení č. 3
- Obr. č.13 detail připojení ztužidla
- Obr. č.14 detail připojení oblouku k základu
- Obr. č.15 detail připojení oblouku ve vrcholu
- Obr. č.16 třmen BOVA
- Obr. č.17 plocha působení příčného větru
- Obr. č.18 plocha působení podélného větru
- Obr. č.19 plocha působení tlaku na stěnu haly
- Obr. č.20 plocha působení sání na stěnu haly
- Obr. č.21 určení rozměrů průřezu čepu

9.4 Seznam výkresů

- 01 Půdorys 1 PP
- 02 Půdorys 1 NP
- 03 Půdorys 2 NP
- 04 Řezy
- 05 Pohledy 1
- 06 Pohledy 2
- 07 Výkres konstrukčních prvků
- 08 Detail 1
- 09 Detail 2
- 10 Detail 3
- 11 Vizualizace

9.5 Seznam použitých výpočetních a grafických programů

Nexis 32, verze 3.40.11

Archicad 12 (studentská verze)

Artlantis 2 (studentská verze)

Microsoft Office 2007

9.6 Ostatní seznamy

CD nosič

10. Statický výpočet

10.1. Výpočet zatížení pro variantu 1 a 2

10.1.1. Zatížení stálá

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,35$$

Stálé zatížení :

gk [kN/m²]

Sendvičový panel BROLLO TD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,14 x 0,32 m) co 2 m, 500 kg/m ³	0,220
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1

Stálé zatížení na sloup :

gk [kN/m²]

Sendvičový panel BROLLO PDD tl. 100 mm, hmotnost 13,8 kg/m ²	0,138
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150
Dřevěný obklad tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1

10.1.2. Zatížení užité

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,5$$

Zatížení užité :

qk [kN/m²]

Užitné zatížení při opravách, 75 kg/m ²	0,75
--	------

10.1.3. Zatížení sněhem - město Vratimov, typ krajiny normální

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,5$$

Sněhová oblast II (město Vratimov) :

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel expozice (typ krajiny-normální) :

$$C_e = 1,2$$

Tepelný součinitel :

$$C_t = 1,0$$

Sklon střechy :

$$\alpha [^\circ] = 21 \Rightarrow \mu_1 = 0,8$$

Výpočet charakteristické hodnoty zatížení :

$$s_{k,1} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k,2} = 0,5 \cdot s_{k,1} = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

10.1.4. Zatížení větrem

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,5$$

Rychlost a tlak větru - pro oblas města Vratimova

Rychlost větru :

$$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru :

$$C_{dir} = 1,0$$

Součinitel ročního období :

$$C_{season} = 1,0$$

$$\text{Základní rychlost větru : } v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

Hustota vzduchu :

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Základní tlak větru :

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 316,4 \text{ Pa}$$

Referenční výšky

Výška konstrukce :

$$z = h = 11,6 \text{ m}$$

Referenční výška pro vnější tlak :

$$z_e = 11,6 \text{ m}$$

Referenční výška pro vnitřní tlak :

$$z_i = 11,6 \text{ m}$$

Součinitel drsnosti - uvažena kategorie terénu III

Délka drsnosti (viz. tabulka) :

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

Minimální výška (viz. tabulka) :

$$z_{\min} = 5,0 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

Součinitel terénu :

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,215$$

Součinitel drsnosti :

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,79$$

Charakteristická střední rychlost větru

Součinitel ortografie :

$$c_0(z) = 1,0$$

Součinitel turbulence :

$$k_1 = 1,0$$

Charakteristická střední rychlost větru :

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 17,71 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = 0,274 \text{ pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

Maximální charakteristický tlak

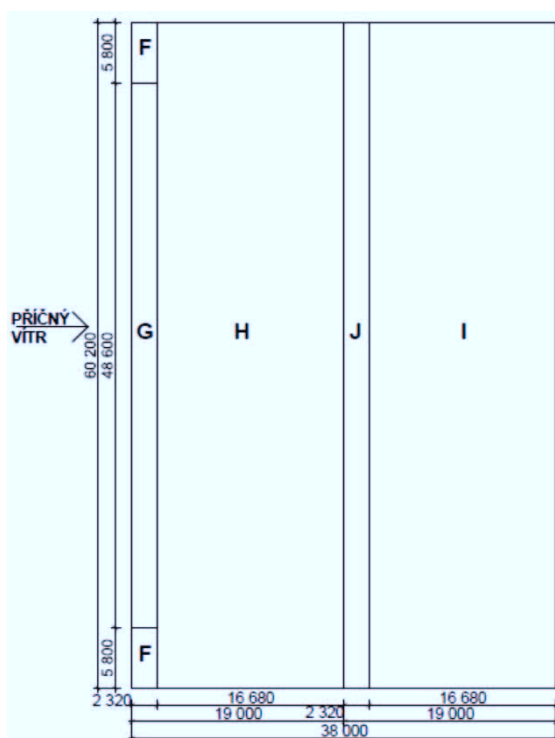
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = 0,572 \text{ kN/m}^2$$

10.1.4.1. Zatížení větrem na střešní konstrukci - příčný vítr

Rozpětí haly : $b = 38$ m
 Délka haly : $L = 60,2$ m
 Výška haly : $h = 11,6$ m

$$e = \min \left\{ \frac{L}{2 \cdot h} \right\} = \min \left| \begin{array}{c} 60200 \\ 23200 \end{array} \right| = 23200 \text{ mm}$$

Délka úseku F : $e/4 = 5800$ mm
 Šířka úseku F = Šířka úseku G : $e/10 = 2320$ mm
 Délka úseku G : $L - 2 \cdot e/4 = 48600$ mm
 Šířka úseku H = šířka úseku I : $b/2 - e/10 = 16680$ mm
 Šířka úseku J = šířka úseku F : $e/10 = 2320$ mm

**Součinitelé vnějších tlaků - příčný vítr**

Sklon střechy : $\alpha [^\circ] = 21$

$C_{pe,10}^{F-}$	-0,74
$C_{pe,10}^{G-}$	-0,68
$C_{pe,10}^{H-}$	-0,26
$C_{pe,10}^{I-}$	-0,4
$C_{pe,10}^{J-}$	-0,8

$C_{pe,10}^{F+}$	0,4
$C_{pe,10}^{G+}$	0,4
$C_{pe,10}^{H+}$	0,28
$C_{pe,10}^{I+}$	0,0
$C_{pe,10}^{J+}$	0,0

Součinitelé vnitřních tlaků - příčný vítr

C_{pi}	0,2
C_{pi}	-0,3

Výsledný tlak větru na střešní konstrukci - příčný vítrKonečný výpočet : $w_k = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) =$ pro $c_{pi} = 0,2$

$w_k^{F-} =$	-0,537
$w_k^{G-} =$	-0,503
$w_k^{H-} =$	-0,263
$w_k^{I-} =$	-0,343
$w_k^{J-} =$	-0,572

$w_k^{F+} =$	0,114
$w_k^{G+} =$	0,114
$w_k^{H+} =$	0,046
$w_k^{I+} =$	-0,114
$w_k^{J+} =$	-0,114

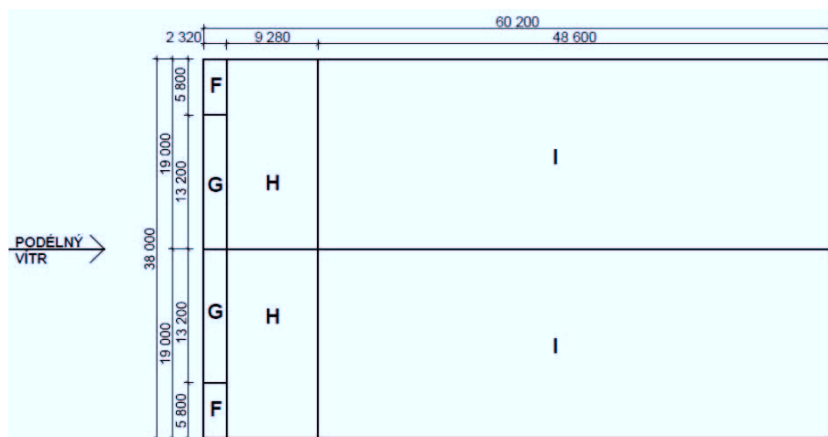
pro $c_{pi} = -0,3$

$w_k^{F-} =$	-0,252
$w_k^{G-} =$	-0,217
$w_k^{H-} =$	0,023
$w_k^{I-} =$	-0,057
$w_k^{J-} =$	-0,286

$w_k^{F+} =$	0,400
$w_k^{G+} =$	0,400
$w_k^{H+} =$	0,332
$w_k^{I+} =$	0,171
$w_k^{J+} =$	0,171

10.1.4.2. Zatížení větrem na střešní konstrukci - podélný vítrRozpětí haly : $b = 38$ mDélka haly : $L = 60,2$ mVzepětí haly : $h = 11,6$ m

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2 \cdot h} \right\} = \min \left| \begin{array}{c} 38000 \\ 23200 \end{array} \right| = 23200 \text{ mm}$$

Délka úseku F : $e/4 = 5800$ mmŠířka úseku F = Šířka úseku G : $e/10 = 2320$ mmDélka úseku G : $(b - 2 \cdot e/4)/2 = 13200$ mmŠířka úseku H : $e/2 - e/10 = 9280$ mmVýška úseku H : $b/2 = 19000$ mmŠířka úseku I : $L - e/2 = 48600$ mm

10.1.4.7.1. Součinitelé vnějších tlaků - podélný vítr

$C_{pe,10}^{F-}$	=	-1,22
$C_{pe,10}^{G-}$	=	-1,34
$C_{pe,10}^{H-}$	=	-0,68
$C_{pe,10}^{I-}$	=	-0,5

Součinitelé vnitřních tlaků - podélný vítr

C_{pi}	=	0,2
C_{pi}	=	-0,3

Výsledný tlak větru na střešní konstrukci - podélný vítr

Konečný výpočet : $w_k = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) =$

pro $c_{pi} = 0,2$

w_k^{F-}	=	-0,812
w_k^{G-}	=	-0,880
w_k^{H-}	=	-0,503
w_k^{I-}	=	-0,400

pro $c_{pi} = -0,3$

w_k^{F-}	=	-0,526
w_k^{G-}	=	-0,595
w_k^{H-}	=	-0,217
w_k^{I-}	=	-0,114

10.2. Použitý materiál

10.2.1. Lepené lamelové dřevo GL 24

- materiálové charakteristiky :

pevnost v ohybu :	$f_{m,k} =$	24	MPa
pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny :	$f_{t,0,k} =$	18	MPa
pevnost v tahu kolmo k vláknům :	$f_{t,90,k} =$	0,35	MPa
pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny :	$f_{c,0,k} =$	24	MPa
pevnost v tlaku kolmo na vlákna :	$f_{c,90,k} =$	5,5	MPa
pevnost ve smyku :	$f_{v,k} =$	2,8	MPa
modul pružnosti rovnoběžně s vlákny :	$E_{0,mean} =$	11000	MPa
hustota :	$\rho_k =$	380	kg/m ³
průměrná hodnota hustoty :	$\rho_{mean} =$	500	kg/m ³
třída provozu 1	$k_{mod} =$	0,9	
součinitel vlastností materiálu	$\gamma_M =$	1,25	

návrhová ohybová únosnost :	$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} =$	17,28	MPa
-----------------------------	--	-------	-----

návrhová pevnost ve smyku :	$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_M} =$	2,02	MPa
-----------------------------	--	------	-----

návrhová pevnost v tlaku :	$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} =$	17,28	MPa
----------------------------	--	-------	-----

	$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} =$	3,96	MPa
--	--	------	-----

návrhová pevnost v tahu :	$f_{t,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{t,90,k}}{\gamma_M} =$	0,252	MPa
---------------------------	--	-------	-----

10.3. Varianta č. 1

- trojkloubový rám z GL 24, vzepětí rámu 6 m, rozpětí rámu 37 m, výška rámu 10,7 m
- vaznice prostě podepřená z GL 24, rozpětí 5,8 m, umístěna co 2 m

10.3.1. Návrh dřevěného rámu

- dřevěný vazník o rozpětí 37 m, materiál GL 24, trojkloubový s rámovým rohem
- předběžný návrh průřezu : **příčel 200 x 1700 mm, stojka 2 x 200 x 1700 mm**
- údaje o vazníku

rozpětí :	$L =$	37,2	m
výška příčle :	$h_r =$	1,7	m
šířka příčle :	$b_r =$	0,2	m
výška stojky :	$h_c =$	1,7	m
šířka stojky :	$b_c =$	0,2	m
osová vzdálenost rámu :	$vz =$	6	m
zatěžovací šířka :	$zš =$	2	m
sklon příčle :	$\alpha [^\circ] =$	21	

Zatěžovací model

**10.3.2. Výpočet zatížení pro dřevěný rám****Stálé zatížení na příčel**

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na příčel
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzepětí 6 m :

	$gk \text{ [kN/m}^2\text{]}$	zat. šířka[m]	$gk \text{ [kN/m]}$
Sendvičový panel BROLLO TD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147	2	0,29
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150	2	0,3
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,2	2	0,4
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3	2	0,6
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,14 x 0,32 m) co 2 m, 500 kg/m ³			0,2

Stálé zatížení celkem :**0,797****1,70**

síly v poli :

$$gk \cdot vz = 10,20 \quad \text{kN}$$

krajní síla :

$$qk \cdot 1,8 + gk_{\text{vaznice}} \cdot vz = 9,81 \quad \text{kN}$$

síla ve vrcholu :

$$(qk \cdot 0,9 + gk_{\text{vaznice}}) \cdot vz = 5,50 \quad \text{kN}$$

Vlastní tíha příčle - redukce rozměrů (proměnná výška profilu) gk [kN/m]

Dřevěný vazník z GL 24 (0,2 x 1,7 m) co 6 m, 500 kg/m ³	1,29
---	------

Stálé zatížení na sloup

- zatěžovací šířka sloupu 6 m

	gk [kN/m ²]	vz [m]	gk [kN/m]
Sendvičový panel BROLLO PDD tl. 100 mm, hmotnost 13,8 kg/m ²	0,138	6	0,83
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150	6	0,9
Dřevěný obklad tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1	6	0,6
Stálé zatížení celkem :	0,388		2,15

Zatížení sněhem

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m

- výpočet bodových sil :

$$\begin{aligned} \text{a) vnitřní uzly :} \quad s_{k,1} \cdot z_{\check{s}} \cdot vZ &= 11,52 \text{ kN} \\ s_{k,2} \cdot z_{\check{s}} \cdot vZ &= 5,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) krajní uzly :} \quad s_{k,1} \cdot \left(\frac{z_{\check{s}}}{2} + 0,8 \right) \cdot vZ &= 10,37 \text{ kN} \\ s_{k,2} \cdot \left(\frac{z_{\check{s}}}{2} + 0,8 \right) \cdot vZ &= 5,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) vrcholový uzel :} \quad 0,9 \cdot s_{k,1} \cdot vZ &= 5,18 \text{ kN} \\ 0,9 \cdot s_{k,2} \cdot vZ &= 2,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

Zatížení příčným větrem

Výpočet pro příčný vítr č. 1, hodnota C_{pi} = 0,2

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m

- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva

- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblas

$$\text{Síla č. 1 - na levém kraji :} \quad w_k^{F-} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 1,8 \cdot 3,2 = -5,61 \text{ kN}$$

$$\text{Síla č. 2 :} \quad w_k^{F-} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H-} \cdot 1,18 \cdot 6 = -4,42 \text{ kN}$$

$$\text{Síla č. 3 až 10 :} \quad w_k^{H-} \cdot 2 \cdot 6 = -6,04 \text{ kN}$$

$$\text{Síla č. 11 - vrcholová síla :} \quad w_k^{H-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -2,72 \text{ kN}$$

$$\text{Síla č. 12 - vrcholová síla :} \quad w_k^{J-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -3,09 \text{ kN}$$

$$\text{Síla č. 13 :} \quad w_k^{J-} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I-} \cdot 0,42 \cdot 6 = -6,28 \text{ kN}$$

$$\text{Síla č. 14 až 21 :} \quad w_k^{I-} \cdot 2 \cdot 6 = -4,12 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 22 - na pravém kraji :} \quad w_k^{I-} \cdot 1,8 \cdot 6 = -3,70 \quad \text{kN}$$

Výpočet pro příčný vítr č. 2, hodnota $C_{pi} = 0,2$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

$$\text{Síla č. 1 - na levém kraji :} \quad w_k^{F-} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 1,8 \cdot 3,2 = -5,61 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 2 :} \quad w_k^{F-} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H-} \cdot 1,18 \cdot 6 = -4,42 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 3 až 10 :} \quad w_k^{H-} \cdot 2 \cdot 6 = -6,04 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 11 - vrcholová síla :} \quad w_k^{H-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -2,72 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 12 - vrcholová síla :} \quad w_k^{J+} \cdot 0,9 \cdot 6 = -0,62 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 13 :} \quad w_k^{J+} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I+} \cdot 0,42 \cdot 6 = -1,37 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 14 až 21 :} \quad w_k^{I+} \cdot 2 \cdot 6 = -1,37 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 22 - na pravém kraji :} \quad w_k^{I+} \cdot 1,8 \cdot 6 = -1,23 \quad \text{kN}$$

Výpočet pro příčný vítr č. 3, hodnotu $C_{pi} = 0,2$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

$$\text{Síla č. 1 - na levém kraji :} \quad w_k^{F+} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 1,8 \cdot 3,2 = 1,23 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 2 :} \quad w_k^{F+} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H+} \cdot 1,18 \cdot 6 = 0,89 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 3 až 10 :} \quad w_k^{H+} \cdot 2 \cdot 6 = 1,37 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 11 - vrcholová síla :} \quad w_k^{H+} \cdot 0,9 \cdot 6 = 0,62 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 12 - vrcholová síla :} \quad w_k^{J-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -0,62 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 13 :} \quad w_k^{J-} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I-} \cdot 0,42 \cdot 6 = -6,28 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 14 až 21 :} \quad w_k^{I-} \cdot 2 \cdot 6 = -4,12 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 22 - na pravém kraji :} \quad w_k^{I-} \cdot 1,8 \cdot 6 = -3,70 \quad \text{kN}$$

Výpočet pro příčný vítr č. 4, hodnotu $C_{pi} = 0,2$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

$$\text{Síla č. 1 - na levém kraji : } w_k^{F+} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 1,8 \cdot 3,2 = 1,23 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 2 : } w_k^{F+} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H+} \cdot 1,18 \cdot 6 = 0,89 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 3 až 10 : } w_k^{H+} \cdot 2 \cdot 6 = 1,37 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 11 - vrcholová síla : } w_k^{H+} \cdot 0,9 \cdot 6 = 0,62 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 12 - vrcholová síla : } w_k^{J+} \cdot 0,9 \cdot 6 = -0,62 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 13 : } w_k^{J+} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I+} \cdot 0,42 \cdot 6 = -1,37 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 14 až 21 : } w_k^{I+} \cdot 2 \cdot 6 = -1,37 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 22 - na pravém kraji : } w_k^{I+} \cdot 1,8 \cdot 6 = -1,23 \quad \text{kN}$$

Výpočet pro příčný vítr č. 5, hodnota $C_{pi} = -0,3$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

$$\text{Síla č. 1 - na levém kraji : } w_k^{F-} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 1,8 \cdot 3,2 = -2,52 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 2 : } w_k^{F-} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H-} \cdot 1,18 \cdot 6 = -0,99 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 3 až 10 : } w_k^{H-} \cdot 2 \cdot 6 = 0,27 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 11 - vrcholová síla : } w_k^{H-} \cdot 0,9 \cdot 6 = 0,12 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 12 - vrcholová síla : } w_k^{J-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -1,54 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 13 : } w_k^{J-} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I-} \cdot 0,42 \cdot 6 = -2,85 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 14 až 21 : } w_k^{I-} \cdot 2 \cdot 6 = -0,69 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 22 - na pravém kraji : } w_k^{I-} \cdot 1,8 \cdot 6 = -0,62 \quad \text{kN}$$

Výpočet pro příčný vítr č. 6, hodnota $C_{pi} = -0,3$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

$$\text{Síla č. 1 - na levém kraji : } w_k^{F-} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 1,8 \cdot 3,2 = -2,52 \quad \text{kN}$$

$$\text{Síla č. 2 : } w_k^{F-} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G-} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H-} \cdot 1,18 \cdot 6 = -0,99 \quad \text{kN}$$

Síla č. 3 až 10 :	$w_k^{H-} \cdot 2 \cdot 6 =$	0,27	kN
Síla č. 11 - vrcholová síla :	$w_k^{H-} \cdot 0,9 \cdot 6 =$	0,12	kN
Síla č. 12 - vrcholová síla :	$w_k^{J+} \cdot 0,9 \cdot 6 =$	0,93	kN
Síla č. 13 :	$w_k^{J+} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I+} \cdot 0,42 \cdot 6 =$	2,06	kN
Síla č. 14 až 21 :	$w_k^{I+} \cdot 2 \cdot 6 =$	2,06	kN
Síla č. 22 - na pravém kraji :	$w_k^{I+} \cdot 1,8 \cdot 6 =$	1,85	kN

Výpočet pro příčný vítr č. 7, hodnota $C_{pi} = -0,3$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

Síla č. 1 - na levém kraji :	$w_k^{F+} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 1,8 \cdot 3,2 =$	4,32	kN
Síla č. 2 :	$w_k^{F+} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H+} \cdot 1,18 \cdot 6 =$	4,32	kN
Síla č. 3 až 10 :	$w_k^{H+} \cdot 2 \cdot 6 =$	3,98	kN
Síla č. 11 - vrcholová síla :	$w_k^{H+} \cdot 0,9 \cdot 6 =$	1,79	kN
Síla č. 12 - vrcholová síla :	$w_k^{J-} \cdot 0,9 \cdot 6 =$	-1,54	kN
Síla č. 13 :	$w_k^{J-} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I-} \cdot 0,42 \cdot 6 =$	-2,85	kN
Síla č. 14 až 21 :	$w_k^{I-} \cdot 2 \cdot 6 =$	-0,69	kN
Síla č. 22 - na pravém kraji :	$w_k^{I-} \cdot 1,8 \cdot 6 =$	-0,62	kN

Výpočet pro příčný vítr č. 8, hodnota $C_{pi} = -0,3$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník, bráno zleva
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

Síla č. 1 - na levém kraji :	$w_k^{F+} \cdot 1,8 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 1,8 \cdot 3,2 =$	4,32	kN
Síla č. 2 :	$w_k^{F+} \cdot 0,82 \cdot 2,8 + w_k^{G+} \cdot 0,82 \cdot 3,2 + w_k^{H+} \cdot 1,18 \cdot 6 =$	4,32	kN
Síla č. 3 až 10 :	$w_k^{H+} \cdot 2 \cdot 6 =$	3,98	kN
Síla č. 11 - vrcholová síla :	$w_k^{H+} \cdot 0,9 \cdot 6 =$	1,79	kN
Síla č. 12 - vrcholová síla :	$w_k^{J+} \cdot 0,9 \cdot 6 =$	0,93	kN
Síla č. 13 :	$w_k^{J+} \cdot 1,58 \cdot 6 + w_k^{I+} \cdot 0,42 \cdot 6 =$	2,06	kN

Síla č. 14 až 21 :

$$w_k^{I+} \cdot 2 \cdot 6 = 2,06 \quad \text{kN}$$

Síla č. 22 - na pravém kraji :

$$w_k^{I+} \cdot 1,8 \cdot 6 = 1,85 \quad \text{kN}$$

Zatížení podélným větrem**Výpočet pro podélný vítr č. 1, hodnota $C_{pi} = 0,2$**

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil působících na příčli
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

krajní síla :

$$w_k^{H-} \cdot 1,8 \cdot 6 = -5,43 \quad \text{kN}$$

síly v poli :

$$w_k^{H-} \cdot 2 \cdot 6 = -6,04 \quad \text{kN}$$

síla ve vrcholu :

$$w_k^{H-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -2,72 \quad \text{kN}$$

Výpočet pro podélný vítr č. 2, hodnota $C_{pi} = -0,3$

- počítaný přesah u okapu cca 0,8 m
- výpočet bodových sil působících na příčli
- přepočet na zatěžovací šířku 2 m a vzdálenost 6 m, vaznice leží na rozhraní několika oblastí

krajní síla :

$$w_k^{H-} \cdot 1,8 \cdot 6 = -2,35 \quad \text{kN}$$

síly v poli :

$$w_k^{H-} \cdot 2 \cdot 6 = -2,61 \quad \text{kN}$$

síla ve vrcholu :

$$w_k^{H-} \cdot 0,9 \cdot 6 = -1,17 \quad \text{kN}$$

Zatížení svislé stěny příčným větrem

Maximální charakteristický tlak

$$q_p(z) = 0,572 \quad \text{kN/m}^2$$

Součinitel vnějšího tlaku pro svislé stěny :

$$c_{pe,10} = -1,20$$

Vzdálenost vazníků :

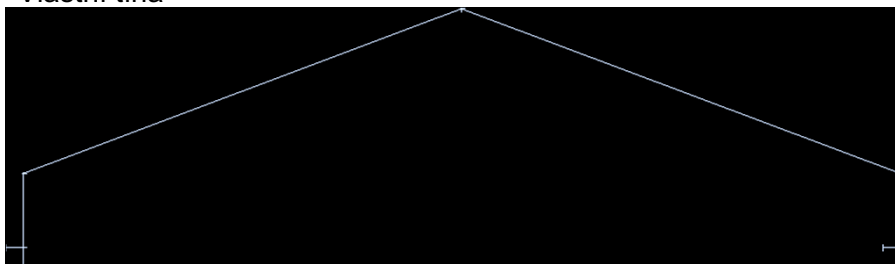
$$vz = 6,0 \quad \text{m}$$

Tlak větru působícího na stěnu :

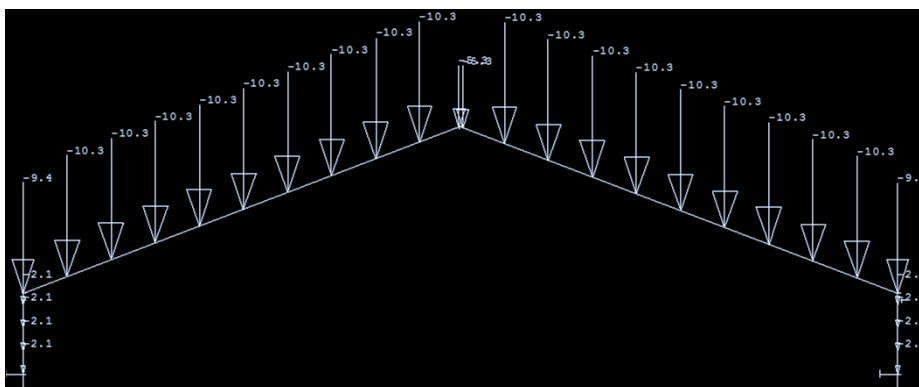
$$w_k = q_p(z) \cdot c_{pe,10} \cdot vz = -4,12 \quad \text{kN/m}$$

Zatěžovací stavy

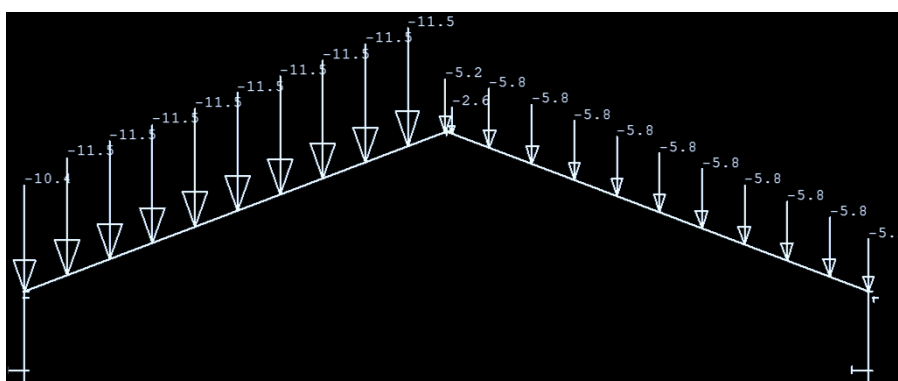
Vlastní tíha



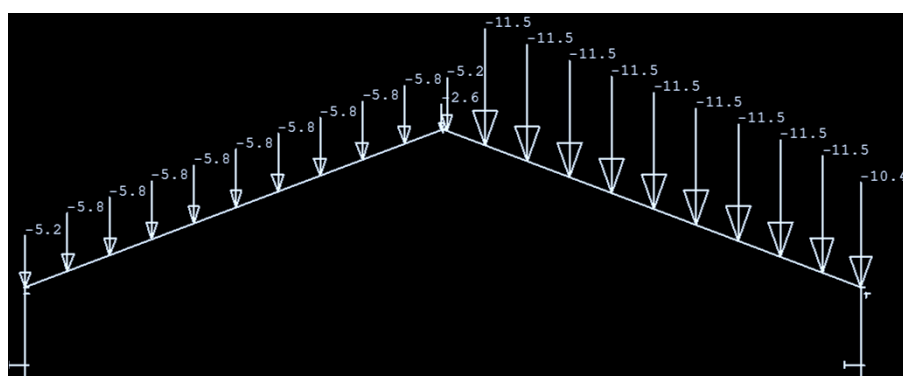
Stálé zatížení



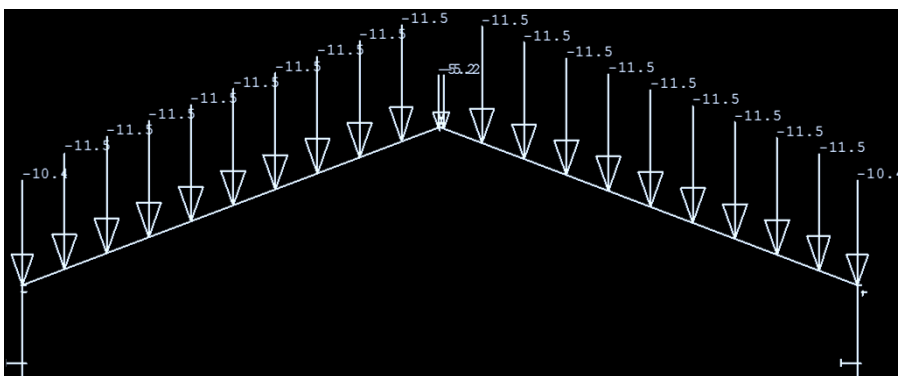
Zatížení sněhem vlevo



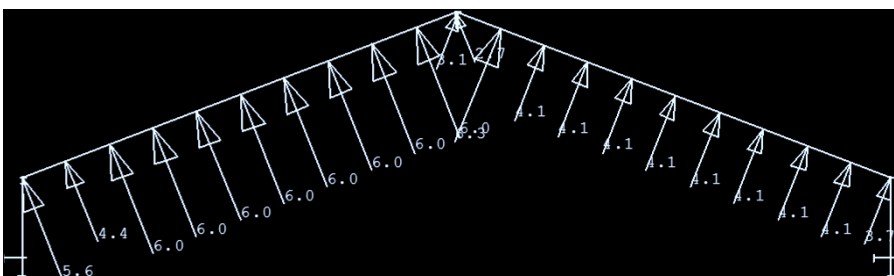
Zatížení sněhem vpravo



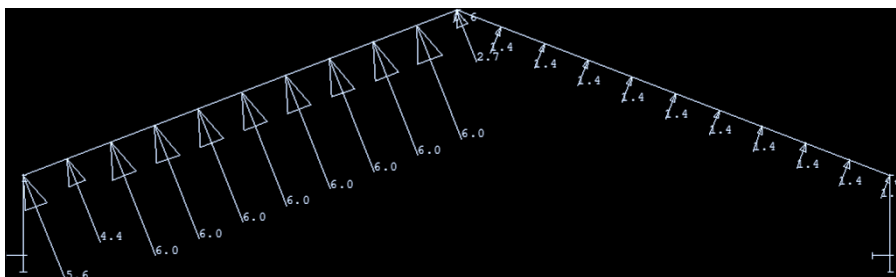
Zatížení sněhem vlevo i vpravo



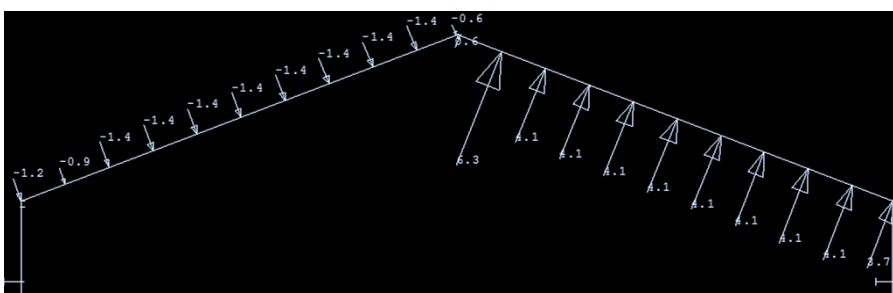
Zatížení příčle příčným větrem č. 1



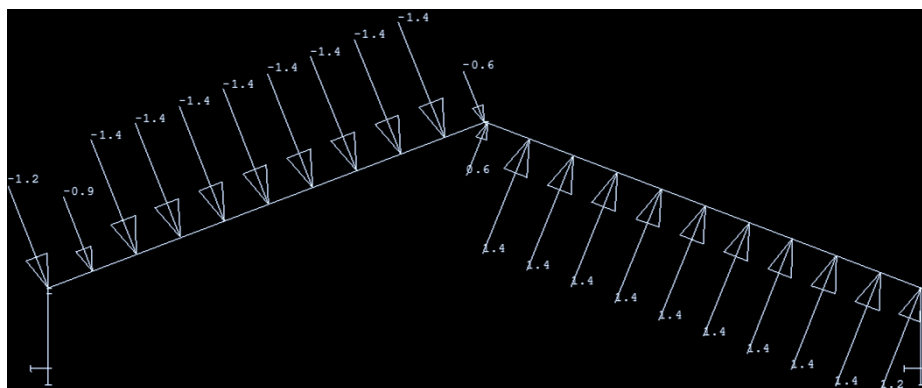
Zatížení příčle příčným větrem č. 2



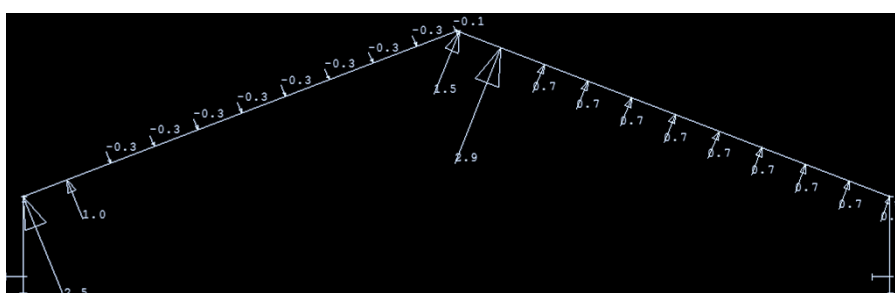
Zatížení příčle příčným větrem č. 3



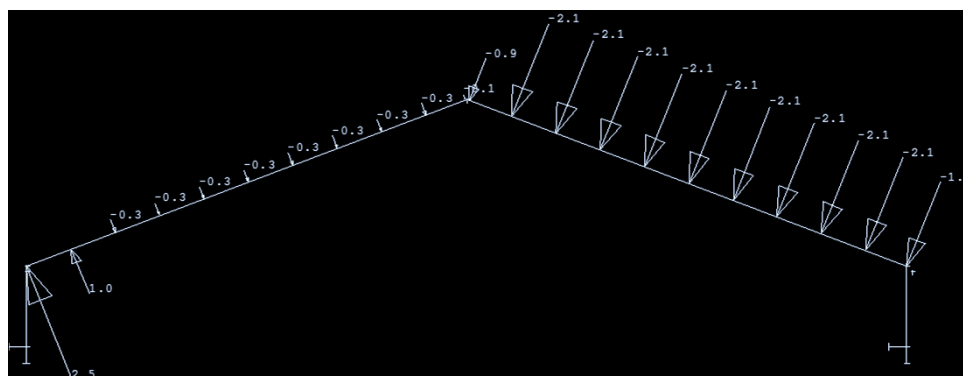
Zatížení příčle příčným větrem č. 4



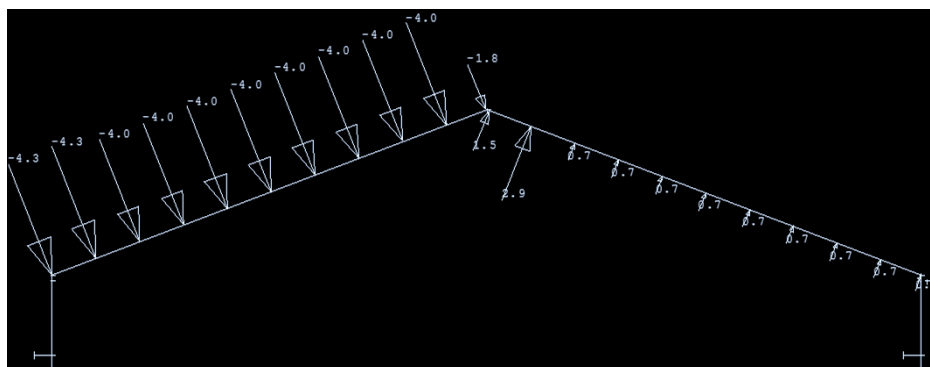
Zatížení příčle příčným větrem č. 5



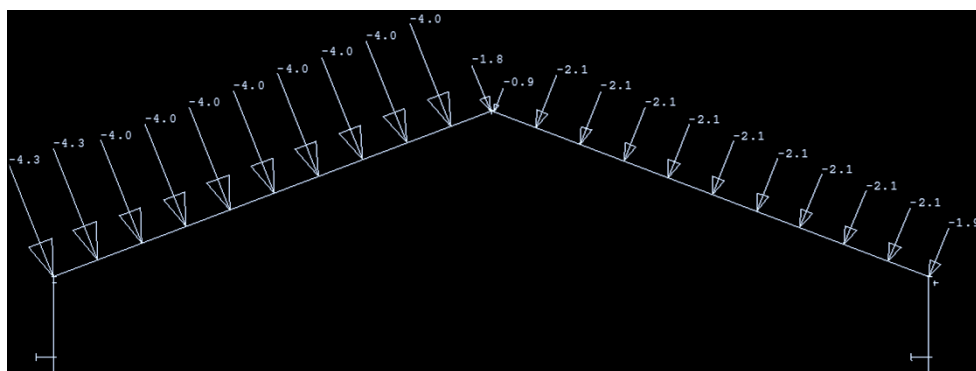
Zatížení příčle příčným větrem č. 6



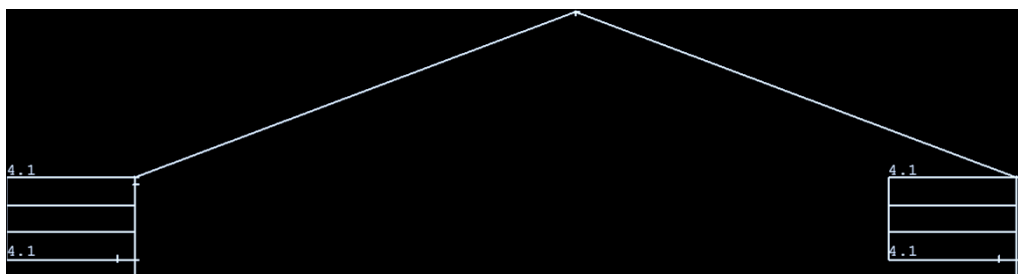
Zatížení příčle příčným větrem č. 7



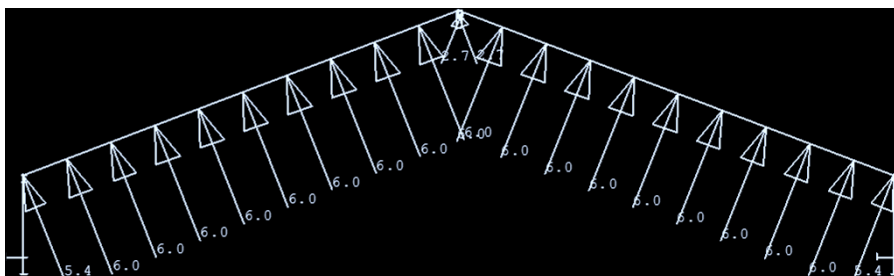
Zatížení příčle příčným větrem č. 8



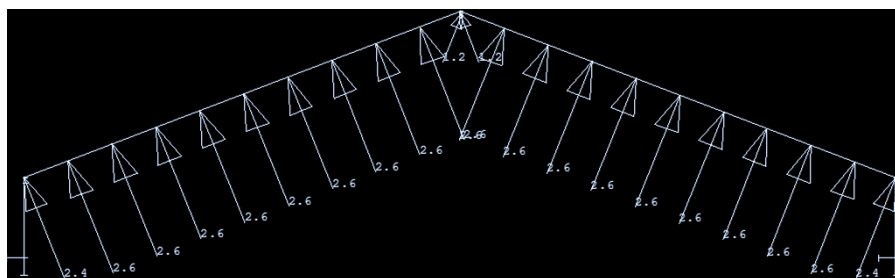
Zatížení stojky příčným větrem



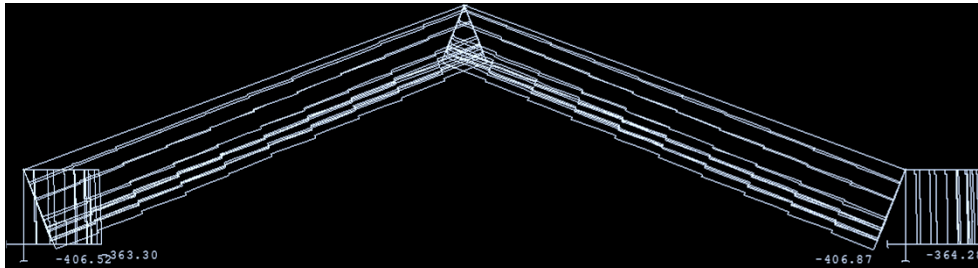
Zatížení podélným větrem č.1



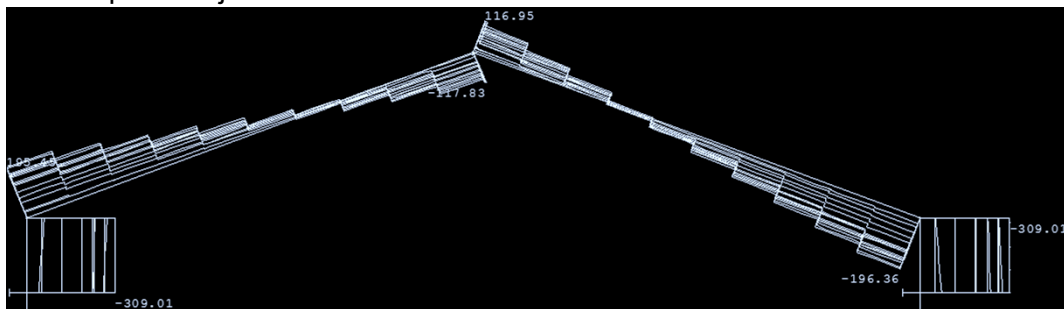
Zatížení podélným větrem č.2



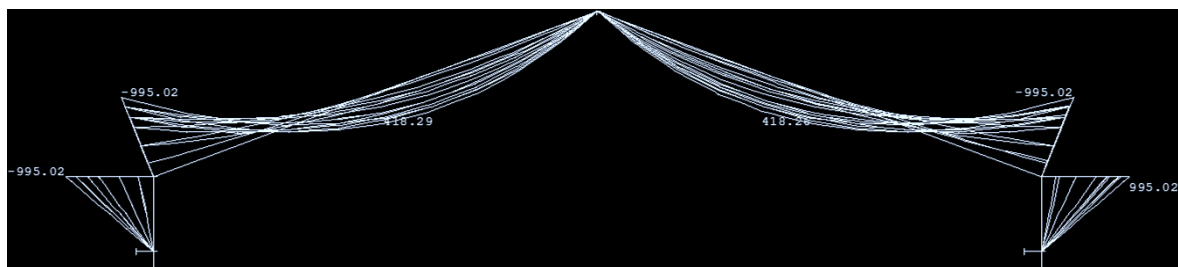
Průběh normálových sil



Průběh posouvajících sil



Průběh ohybových momentů



10.3.3. Posudek mezního stavu únosnosti rámové konstrukce :

návrhové hodnoty příčle :

návrhová hodnota normálové síly :

$$N_{ED,R} = 406,8 \text{ kN}$$

návrhová hodnota posouvající síly :

$$V_{ED,R} = 196,36 \text{ kN}$$

návrhová hodnota ohybového momentu :

$$M_{ED} = 995,02 \text{ kN}$$

návrhové hodnoty stojky :

návrhová hodnota normálové síly :

$$N_{ED,C} = 364,28 \text{ kN}$$

návrhová hodnota posouvající síly :

$$V_{ED,C} = 309,01 \text{ kN}$$

návrhová hodnota ohybového momentu :

$$M_{ED} = 995,02 \text{ kN}$$

Návrh kolíkového spoje :

výpočtová pevnost kolíku : $f_{u,k} = 400$ MPa
 průměr kolíku : $d = 24$ mm

- vnější kruh $r_1 \leq 0,5 \cdot h - 4 \cdot d = 754$ mm $\Rightarrow r_1 = 750$ mm
 - vnitřní kruh : $r_2 \leq r_1 - 5 \cdot d = 630$ mm $\Rightarrow r_2 = 630$ mm

- výpočet množství kolíků v kruzích :

$$n_1 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{6 \cdot d} = 32,72 \text{ ks} \Rightarrow n_1 = 32 \text{ ks}$$

$$n_2 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{6 \cdot d} = 27,49 \text{ ks} \Rightarrow n_2 = 26 \text{ ks}$$

Zatížení kolíkového spoje :

- zatížení kolíku ve stojce a příčli rámu od ohybového momentu :

$$F_M = M_{ED} \cdot \frac{r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} = 26352 \text{ N}$$

- zatížení kolíku ve stojce rámu od posouvající a normálové síly :

$$F_{V,C} = \frac{V_{ED,C}}{n_1 + n_2} = 5328 \text{ N}$$

$$F_{N,C} = \frac{N_{ED,C}}{n_1 + n_2} = 6281 \text{ N}$$

- zatížení kolíku v příčli rámu od posouvající a normálové síly :

$$F_{V,R} = \frac{V_{ED,R}}{n_1 + n_2} = 3386 \text{ N}$$

$$F_{N,R} = \frac{N_{ED,R}}{n_1 + n_2} = 7014 \text{ N}$$

- celkové zatížení kolíku :

$$F_{d,C} = \sqrt{(F_M + F_{V,C})^2 + F_{N,C}^2} = 32296 \text{ N}$$

$$F_{d,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2} = 30553 \text{ N}$$

- smyková síla ve stojce a příčli v místě spoje :

$$V_M = \left(\frac{M_{ED}}{\pi} \cdot \frac{n_1 \cdot r_1 + n_2 \cdot r_2}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} \right) = 451611 \text{ N}$$

$$F_{V,d,C} = V_M - \frac{V_{ED,C}}{2} = 297106 \text{ N}$$

$$F_{V,d,R} = V_M - \frac{V_{ED,R}}{2} = 353431 \text{ N}$$

- pevnost otláčení dřeva rovnoběžně s vlákny :

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 23,68 \text{ MPa}$$

Únosnost kolíkového spoje v ose rámové stojky :

- úhel mezi zatížením a vlákny dřeva :

$$\alpha_1 = \arctan\left(\frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}}\right) = 78,8^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right) = 9,8^\circ$$

- pevnost v otláčení v charakteristické hodnotě :

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = 22,72 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = 21,75 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,957$$

- plastický moment únosnosti v charakteristické hodnotě :

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 465297,2 \text{ Nmm}$$

šířka příčle :

$$b_r = t_2 = 200 \text{ mm}$$

šířka stojky :

$$b_c = t_1 = 200 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 109069 \text{ N} \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 52204 \text{ N} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] = 40272 \text{ N} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 25622 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$F_{V,Rk,C} = 25622 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd,C} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{V,Rk,C}}{\gamma_M} = 18448,09 \text{ N}$$

Únosnost kolíkového spoje v ose rámové příčle :

- úhel mezi zatížením a vlákny dřeva :

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{F_M + F_{V,R}}{F_{N,R}}\right) = 76,7^\circ$$

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha_2 = 34,3^\circ$$

- pevnost v otláčení v charakteristické hodnotě :

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = 22,41 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = 14,18 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0,633$$

- plastický moment únosnosti v charakteristické hodnotě :

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 465297,2 \text{ Nmm}$$

šířka příčle :

$$b_r = t_2 = 200 \text{ mm}$$

šířka stojky :

$$b_c = t_1 = 200 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 107578 \text{ N} \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 34037 \text{ N} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] = 36640 \text{ N} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 22652 \text{ N} \end{array} \right. =$$

$$F_{V,Rk,R} = 22652 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd,R} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{V,Rk,R}}{\gamma_M} = 16309 \text{ N}$$

Posudek únosnosti spoje stojky a příčle rámu :

- stojka :

$F_{d,C} =$	32296 N	<	$2 \cdot F_{V,Rd,C} =$	36896 N	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------	----------------	-------------	------------------------	----------------	---------------------------------	-----------------

- příčle :

$F_{d,R} =$	30553	N	<	$2 \cdot F_{V,Rd,R} =$	32619	N	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------	--------------	----------	-------------	------------------------	--------------	----------	---------------------------------	-----------------

Posudek smykové únosnosti stojky a příčle rámu v plném průřezu

- stojka :

smykové napětí stojky :

$$\tau_{V,c} = \frac{3 \cdot F_{V,d,c}}{2 \cdot b_c \cdot h_c} = 0,66 \text{ MPa}$$

$\tau_{V,c} =$	0,66	MPa	<	$f_{v,d} =$	2,02	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	-------------	------------	-------------	-------------	-------------	------------	---------------------------------	-----------------

- příčel :

smykové napětí příčle :

$$\tau_{V,R} = \frac{3 \cdot F_{V,d,R}}{2 \cdot b_R \cdot h_R} = 1,56 \text{ MPa}$$

$\tau_{V,R} =$	1,56	MPa	<	$f_{v,d} =$	2,02	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	-------------	------------	-------------	-------------	-------------	------------	---------------------------------	-----------------

Posudek smykové únosnosti stojky a příčle rámu v oslabeném průřezu :

- stojka :

výška stojky :

$$h_{c,osl} = 1 \text{ m}$$

šířka stojky (oslabený průřez) :

$$b_c = 0,2 \text{ m}$$

příslušná posouvající síla :

$$V_{ED} = 309,01 \text{ kN}$$

smykové napětí stojky :

$$\tau_{V,c} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_c \cdot h_{c,osl}} = 1,16 \text{ MPa}$$

$\tau_{V,c} =$	1,16	MPa	<	$f_{v,d} =$	2,02	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	-------------	------------	-------------	-------------	-------------	------------	---------------------------------	-----------------

- příčel :

výška příčle (oslabený průřez) :

$$h_{r,osl} = 1 \text{ m}$$

šířka příčle :

$$b_r = 0,2 \text{ m}$$

příslušná posouvající síla :

$$V_{ED} = 117,82 \text{ kN}$$

smykové napětí příčle :

$$\tau_{V,R} = \frac{3 \cdot V_{ED}}{2 \cdot b_r \cdot h_{r,osl}} = 0,88 \text{ MPa}$$

$\tau_{V,R} =$	0,88	MPa	<	$f_{v,d} =$	2,02	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	-------------	------------	-------------	-------------	-------------	------------	---------------------------------	-----------------

Posudek únosnosti stojky a příčle :

moment setrvačnosti příčle :

$$I_R = \frac{1}{12} \cdot b_R \cdot h_R^3 = 0,0819 \text{ m}^4$$

moment setrvačnosti stojky :

$$I_c = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_c \cdot h_c^3 = 0,1638 \text{ m}^4$$

plocha průřezu příčle :

$$A_R = b_R \cdot h_R = 0,34 \text{ m}^2$$

plocha průřezu sloupu :

$$A_c = b_c \cdot h_c = 0,68 \text{ m}^2$$

	$E_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot E_{0,mean} =$	9167	MPa
modul prokluzu 1 spoj. prostředku :	$k_{ser} = \rho_k^{1,5} \cdot \frac{d}{20} =$	8889	N/mm
modul prokluzu pro MSU :	$K_u = \frac{2}{3} \cdot k_{ser} =$	5926	N/mm
torzní pružinová tuhost :	$K_r = \sum K_u \cdot r_i^2 =$	1,68E+11	Nm
výška sloupku :	$h_s =$	3,5	m
osová vzdálenost rámu :	$s =$	6	m
vzpěrná délka pro stojku	$l_{eff,c} = h_s \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_c \cdot s}{I_R \cdot h_s} + 10 \cdot \frac{E \cdot I_c}{h_s \cdot K_r}} =$	13,54	m
osová síla ve stojce :	$N =$	364,28	kN
osová síla v příčli :	$N_0 =$	406,8	kN
vzpěrná délka pro příčel :	$l_{eff,R} = l_{eff,c} \cdot \sqrt{\frac{I_R \cdot N}{I \cdot N_0}} =$	9,06	m

Posudek příčle v místě záporného ohybového momentu :

- horní vlákna chráněna proti vybočení pomocí vaznic, umístěných co 2 m

	$b =$	2	m
	$L_{cr,z} = \frac{b}{\cos \alpha} =$	-3,65	m
	$L_{cr,y} = l_{eff,R} =$	9,06	m
délka úseku se záporným ohybovým momentem :	$L_0 =$	10,554	m

	$L_{cr,LT} \cong 1,1 \cdot L_0 =$	11,61	m
	$i_y = \sqrt{\frac{I_R}{A_R}} =$	0,491	m
	$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} =$	18,47	
	$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} =$	0,301	
součinitel vzpěrnosti pro LLD :	$\beta_c =$	0,1	

	$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) =$	0,545	
	$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} =$	1,000	
vliv klopení :	$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot L_{cr,LT}} \cdot E_{0,05} =$	703,86	MPa

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,185$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,422$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,R}}{A_R} = 1196,471 \text{ kPa}$$

$$W_{y,R} = \frac{1}{6} \cdot b_R \cdot h_R^2 = 0,096333 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = 10329 \text{ kPa}$$

posudek únosnosti příčle při kombinaci tlaku a ohybu

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,0,d}} \leq 1$$

0,49	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Posudek sloupku v místě záporného ohybového momentu :

$$L_{cr,z} = h_s = 3,50 \text{ m}$$

$$L_{cr,y} = l_{eff,c} = 13,54 \text{ m}$$

$$L_{cr,LT} = h_s = 3,50 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_c}{A_c}} = 0,491 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 27,60$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,449$$

součinitel vzpěrnosti pro LLD :

$$\beta_c = 0,1$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,608$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,982$$

vliv klopení :

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot L_{cr,LT}} \cdot E_{0,05} = 2334,69 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,101$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,484$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,c}}{A_c} = 535,7 \text{ kPa}$$

$$W_{y,c} = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot b_c \cdot h_c^2 = 0,193 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = 5164 \text{ kPa}$$

posudek únosnosti sloupku při kombinaci tlaku a ohybu :

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,0,d}} \leq 1$$

0,23	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Posudek příčle v místě kladného ohybového momentu :

výška příčle (oslabený průřez) : $h_{r,osl} = 1,23 \text{ m}$

šířka příčle : $b_r = 0,2 \text{ m}$

vzdálenost M_{ED+} od kraje rámu : $a = 12 \text{ m}$

kladný ohybový moment : $M_{ED+} = 418,29 \text{ kNm}$

příslušná normálová síla $N_{ED,R} = 299,77 \text{ kN}$

délka příčle : $l_{eff,R} = 19,9 \text{ m}$

moment setrvačnosti příčle (oslabený pr.) $I_{R,osl} = \frac{1}{12} \cdot b_R \cdot h_{R,osl}^3 = 0,0310 \text{ m}^4$

plocha průřezu příčle (oslabený pr.) : $A_{R,osl} = b_R \cdot h_{R,osl} = 0,246 \text{ m}^2$

$$E_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot E_{0,mean} = 9167 \text{ MPa}$$

$$L_{cr,y} = 0,9 \cdot l_{eff,R} = 17,91 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{R,osl}}{A_{R,osl}}} = 0,355 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 50,44$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 35,56 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,822$$

součinitel vzpěrnosti pro LLD :

$$\beta_c = 0,1$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2) = 0,864$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,m}^2}} = 0,885$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b_R \cdot h_{R,osl}^2 = 0,050 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,R}}{A_{R,osl}} = 1219 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED+}}{W_y} = 8294 \text{ kPa}$$

posudek únosnosti příčle při kombinaci tlaku a ohybu

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

0,56	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Posudek únosnosti příčle na působení normálové síly v místě kladného ohyb. momentu

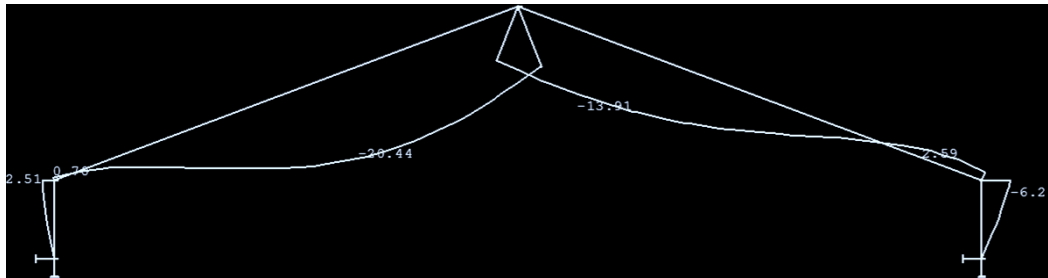
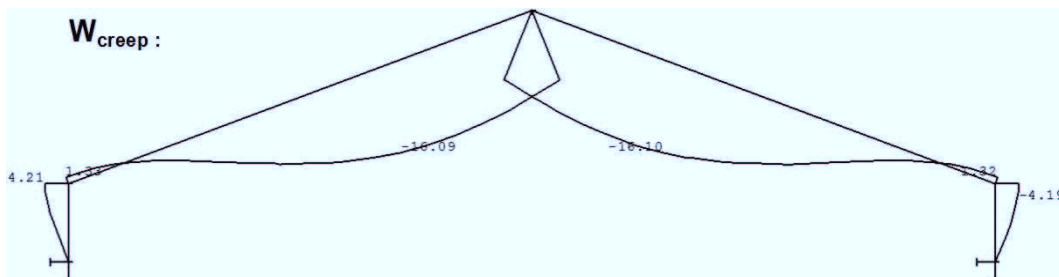
vzálenost krajních vláken od kraje příčle : e= 0,615 m

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED} + N_{ED,R} \cdot e}{W_y} = 4074 \text{ kPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

0,31	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

3.4. Posudek mezního stavu použitelnosti

 W_{inst} : W_{creep} :

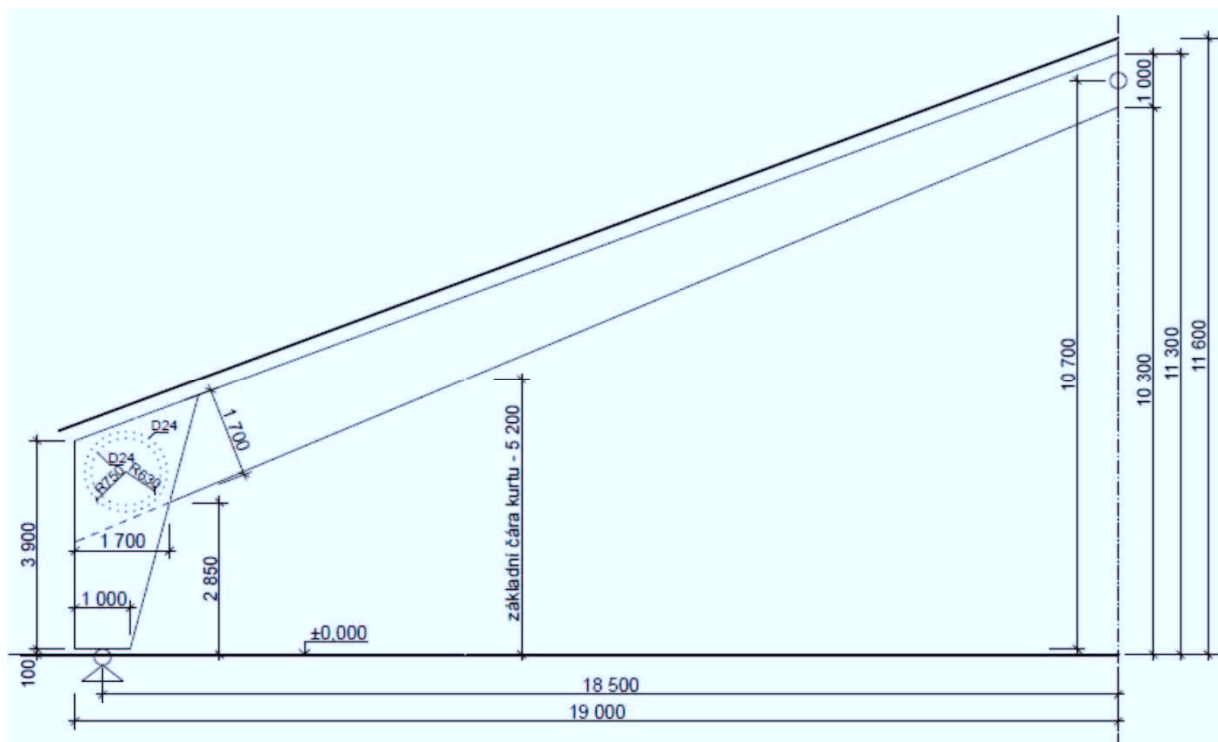
- příčel :

$$W_{fin,R} = W_{inst,R} + W_{creep,R} = 36,53 \text{ mm}$$

$$W_{lim,R} = \frac{L_{eff,R}}{250} = 79,60 \text{ mm}$$

$W_{fin,R} = 36,53 \text{ mm}$	$<$	$W_{lim,R} = 79,60 \text{ mm}$	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------------------------	-----	--------------------------------	---------------	-----------------

10.3.5. Náskres návrhované konstrukce



10.4.1. Návrh vaznice V

- vaznice prostě podepřená z GL 24, rozpětí 5,8 m, umístěna co 2 m

výška vaznice v poli :	$h =$	0,32	m
šířka vaznic :	$b =$	0,14	m
šířka vaznice v místě podpory :	$b_p =$	0,14	m
délka vaznice :	$L_{eff} =$	5,8	m
zatěžovací šířka :	$zš =$	2	m

10.4.2. Výpočet zatížení**Stálé zatížení**

	q_k [kN/m ²]	zat. šířka[m]	g_k [kN/m]
Sendvičový panel BROLLO TD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147	2	0,29
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150	2	0,3
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1	2	0,2
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3	2	0,6
Celkem	0,697		1,33

- vaznice potočena o úhel :

$$\alpha[^\circ] = 21$$

$$R_{stálé} = 1,33 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y,stálé} = R_{stálé} \cdot \cos \alpha = 1,24 \quad \text{kNm}$$

$$F_{z,stálé} = R_{stálé} \cdot \sin \alpha = 0,48 \quad \text{kNm}$$

Vlastní tíha vaznice

	g_k [kN/m]
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,14 x 0,32 m) co 2 m, 500 kg/m ³	0,22

- vaznice potočena o úhel :

$$\alpha[^\circ] = 21$$

$$R_{vl.tíha} = 0,22 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y,vl.tíha} = R_{vl.tíha} \cdot \cos \alpha = 0,21 \quad \text{kNm}$$

$$F_{z,vl.tíha} = R_{vl.tíha} \cdot \sin \alpha = 0,08 \quad \text{kNm}$$

Užitné zatížení

	q_k [kN/m ²]	zat. šířka[m]	q_k [kN/m]
Užitné zatížení při opravách, 75 kg/m ²	0,75	2	1,5

- dominantní zatížení je zatížení sněhem, proto do výpočtu nezařazujeme

Zatížení sněhem

Přepočet na zatěžovací šířku 2 m

$$s_{k,1} \cdot z\check{s} = 1,92 \quad \text{kN/m}$$

$$\alpha[^\circ] = 21$$

$$R_{snih} = 1,92 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y,snih} = R_{snih} \cdot \cos \alpha = 1,79 \quad \text{kNm}$$

$$F_{z,snih} = R_{snih} \cdot \sin \alpha = 0,69 \quad \text{kNm}$$

Zatížení příčným větrem

Přepočet na zatěžovací šířku 2 m - vaznice leží na rozhraní dvou oblastí, proto :

$$\text{zatížení č. 1} \quad w_k^{F-} \cdot 0,82 + w_k^{H-} \cdot 1,18 = -0,75 \quad \text{kN/m}$$

$$\text{zatížení č. 2} \quad w_k^{G-} \cdot 0,82 + w_k^{H-} \cdot 1,18 = -0,72 \quad \text{kN/m}$$

Zatížení podélným větrem

Přepočet na zatěžovací šířku 2 m

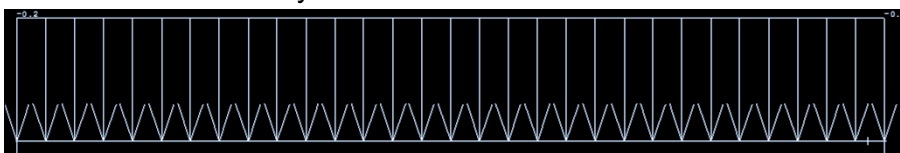
$$\text{síla č. 1} \quad w_k^{F-} \cdot z\check{s} = -1,62 \quad \text{kN/m}$$

$$\text{síla č. 2:} \quad w_k^{H-} \cdot z\check{s} = -1,01 \quad \text{kN/m}$$

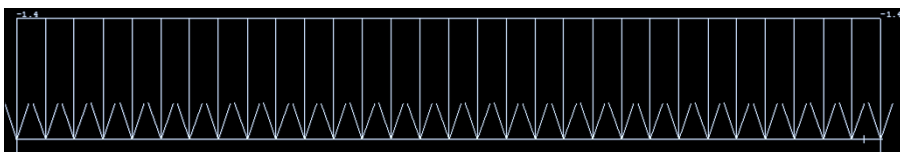
$$\text{síla č. 3} \quad w_k^{I-} \cdot z\check{s} = -0,80 \quad \text{kN/m}$$

Zatěžovací stavy pro směr y :

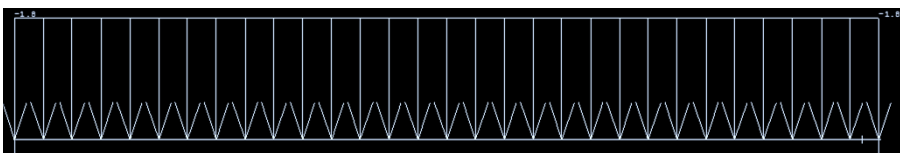
Vlastní tíha ve směru y



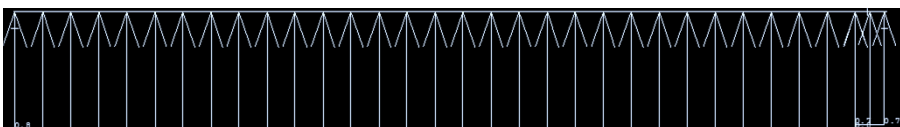
Stálé zatížení ve směru y



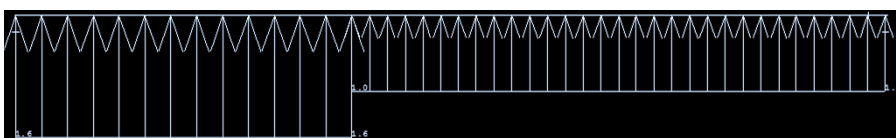
Zatížení sněhem ve směru y



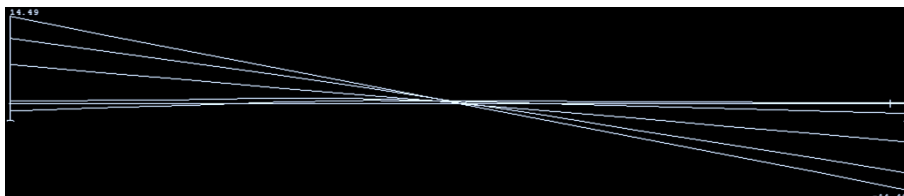
Zatížení příčným větrem ve směru y



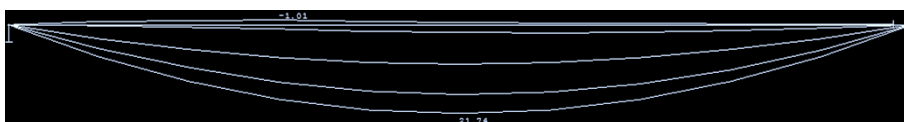
Zatížení podélným větrem ve směru y



Průběh posouvajících sil ve směru y

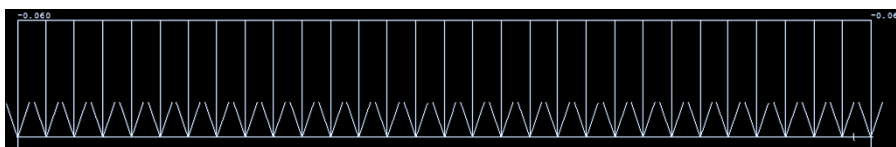


Průběh ohybových momentů ve směru y

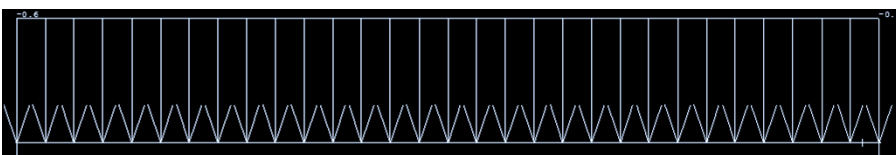


Zatěžovací stavy pro směr z :

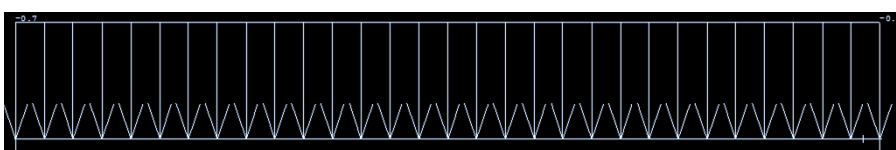
Vlastní tíha ve směru z



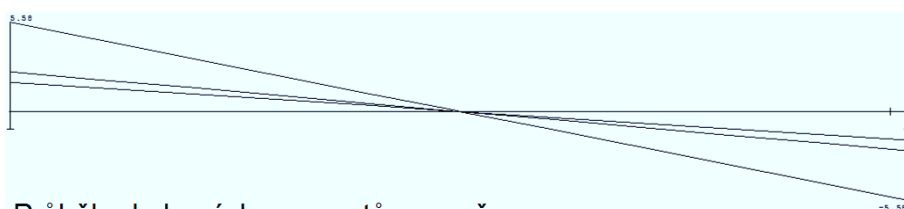
Stálé zatížení ve směru z



Zatížení sněhem ve směru z



Průběh posouvajících sil ve směru z



Průběh ohybových momentů ve směru z



10.4.3. Posudek mezního stavu únosnosti

Návrhová hodnota posouvající síly pro směr y :	$V_{ED,y} =$	14,49	kN
Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr y :	$M_{ED,y} =$	21,74	kN
Návrhová hodnota posouvající síly pro směr z :	$V_{ED,z} =$	5,58	kN
Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr z :	$M_{ED,z} =$	8,36	kN

Průřezový modul :

$$w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = 0,0010 \text{ m}^3$$

Průřezová plocha v místě podpory :

$$A = b_p \cdot h = 0,0448 \text{ m}^2$$

Posudek únosnosti v dvojosém ohybu :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED,y}}{W_y} = 9,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{ED,z}}{W_z} = 8,00 \text{ MPa}$$

součinitel pro obdélníkové průřezy z LLD :

$$k_m = 0,7$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,85	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,83	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

Posudek únosnosti ve smyku :

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{A} = 0,49 \text{ MPa}$$

$\tau_{v,d} =$	0,49	MPa	<	$f_{v,d} =$	2,02	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	------	-----	---	-------------	------	-----	---------------	----------

Posudek otlačení v podpoře (minimální uložení) :

- uložení na třmen BV/T 11-31 , 140 x220

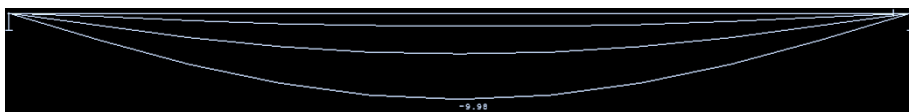
$$u = 80 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = \frac{V_{ED,y}}{b_p \cdot f_{c,90,d}} = 26,1 \text{ mm}$$

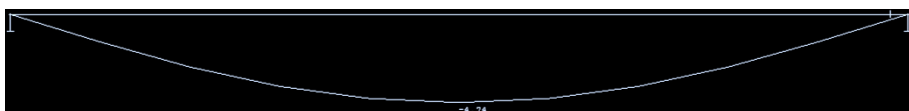
$u =$	80	mm	>	$X_{\min} =$	26,1	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
-------	----	----	---	--------------	------	----	---------------	----------

10.4.4. Posudek mezního stavu použitelnosti

W_{inst} :



W_{creep} :



$$W_{fin} = W_{inst} + W_{creep} = 14,04 \text{ mm}$$

$$W_{lim} = \frac{L_{eff}}{250} = 23,2 \text{ mm}$$

$$W_{fin} = 14,04 \text{ mm} < W_{lim} = 23,20 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

10.4.5. Spoj vaznice s rámovou konstrukcí

- použití statického třmenu BV/T 11-31, 140 x 220 mm, vyrobeného z ocelového plechu žárově pozinkovaného, jakosti S280GD+Z275, tloušťky 3 mm

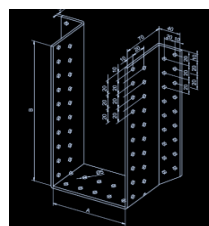
Tab. 10.10 Stanovení F_{us} dle Eurocode 3, část 1, příloha 3, tab. 4.1.1, kol. 2

ÚNOSNOSTI – HŘEBÍKY (s výškou 40, 60, 80, 100 mm)

2) Stanovení únosnosti hřebíků podle počtu F_{us}

výška h mm	počet hřb. ks	F_{us} kN	F_{us} kN	F_{us} kN
180	4	97,2	122,47	2,84
	6			4,26
	8			5,68
	10			7,10
	12			8,52
	14			9,94
	16			11,36
	18			12,78
	20			14,20
	22			15,62
24	17,04			
26	18,46			
28	19,88			
30	21,30			
32	22,72			
200	34	97,2	135,59	241,4
220	38	97,2	148,71	25,98
	40			28,40
240	42	97,2	161,83	26,84
	44			28,12
260	46	97,2	174,96	29,59
	48			30,67
280	50	97,2	188,08	31,95
	52			33,25
300	54	97,2	201,20	34,51
	56			35,78
320	58	97,2	214,32	37,06
	60			38,34

Z počtu hřebíků v jednotlivých řadách dovozuje dovozuje únosnost F_{us} .
 Při počtu hřebíků větším než 10 v jedné řadě je jejich únosnost pouze 90%
 V tomto případě je vždy rozhodující stříšková únosnost hřebíků.
 Sleduj počet hřebíků je do připevnění třmenu i do připevnění osazovaného prvku
 (ve spoji je tedy vždy dvojnásobek množství hřebíků)



Návrh hřebíků na jednu stranu spoje :

počet kusů hřebíků :

$n = 20$ ks

průměr hřebíku :

$D = 4$ mm

délka hřebíku :

$L = 70$ mm

Stanovení únosnosti plechu dle výrobce BOVA Březnice, spol. s r.o. :

$$F_{us} = 0,243 \cdot (2 \cdot n) \cdot 2 = 19,44 \text{ kN}$$

$$F_{us} = 19,44 \text{ kN} > V_{ED} = 14,49 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Stanovení únosnosti hřebíku dle tab. :

$$F_{HR} = 22,72 \text{ kN}$$

- více než 10 hřebíků v řadě :

$$F_{HR,osl} = 0,9 \cdot F_{HR} = 20,45 \text{ kN}$$

$F_{HR,osl} =$	20,45	kN	>	$V_{ED} =$	14,49	kN	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	--------------	-----------	-------------	------------	--------------	-----------	---------------------------------	-----------------

10.4.6. Posudek únosnosti sendvičového panelu BROLLO TD5
 maximální možné zatížení deklarované výrobcem : $G = 8,3 \text{ kN/m}^2$

zatížení působící na konstrukci :

$$G_d = g_k \cdot 1,35 + q_k \cdot 1,5 + S_k \cdot 1,5 + w_k \cdot 1,5 = 4,46 \text{ kN/m}^2$$

$G =$	8,30	kN/m²	>	$G_d =$	4,46	kN/m²	\Rightarrow	Vyhovuje
-------	-------------	-------------------------	-------------	---------	-------------	-------------------------	---------------------------------	-----------------

10.5. Varianta č. 2

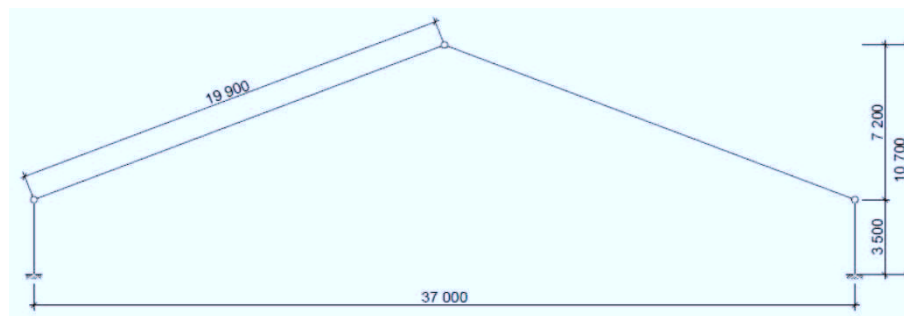
- rám v kombinaci dřevo-ocel, vzepětí rámu 6 m, rozpětí rámu 37 m, výška rámu 10,7 m
- příčel rámu z **GL 24**, sloupek ocelový **HEA 500**, ocel **S355**

10.5.1. Návrh rámové konstrukce

- údaje o příčli

délka příčle :	$L_{\text{eff,R}} =$	19,9	m
výška příčle :	$h_r =$	1,6	m
výška příčle na krajích :	$h_{r,\text{osl}} =$	0,8	m
šířka příčle :	$b_r =$	0,2	m
zatežovací šířka :	$zš =$	2	m
vzepětí :	$vz =$	6	m
sklon příčle :	$\alpha [^\circ] =$	21	

Zatěžovací model

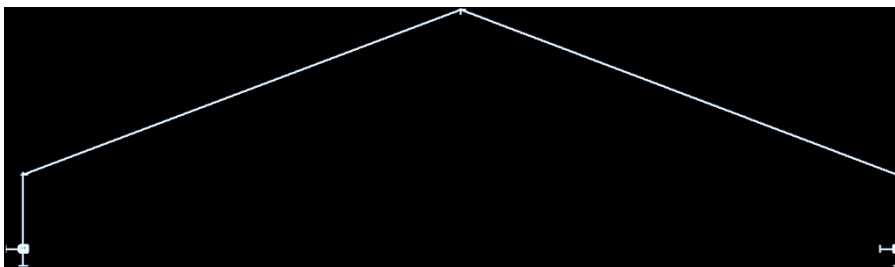


10.5.2. Výpočet zatížení rámu

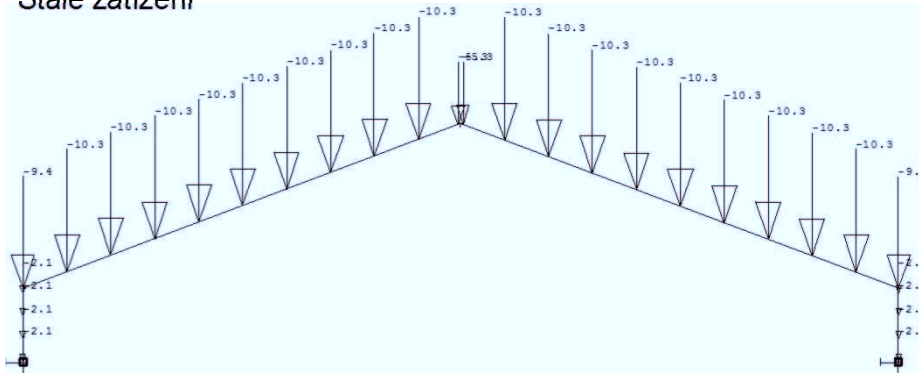
- VIZ. varianta 1

Zatěžovací stavy

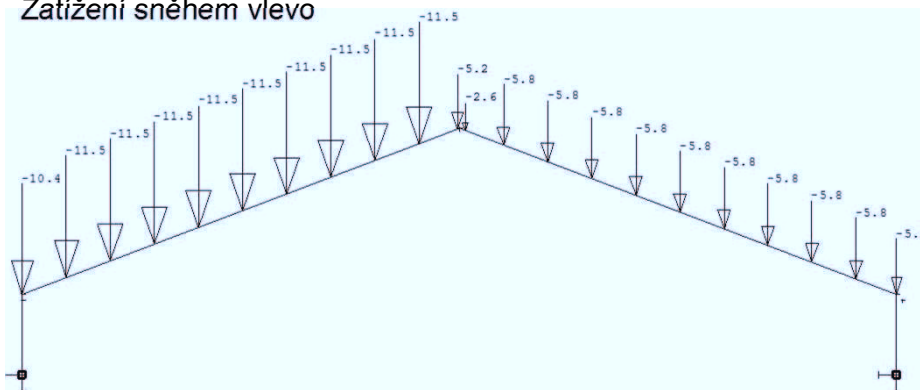
Vlastní tíha



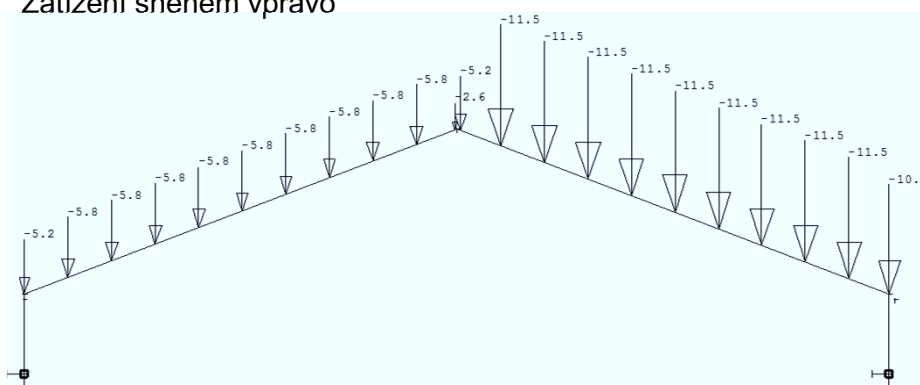
Stálé zatížení



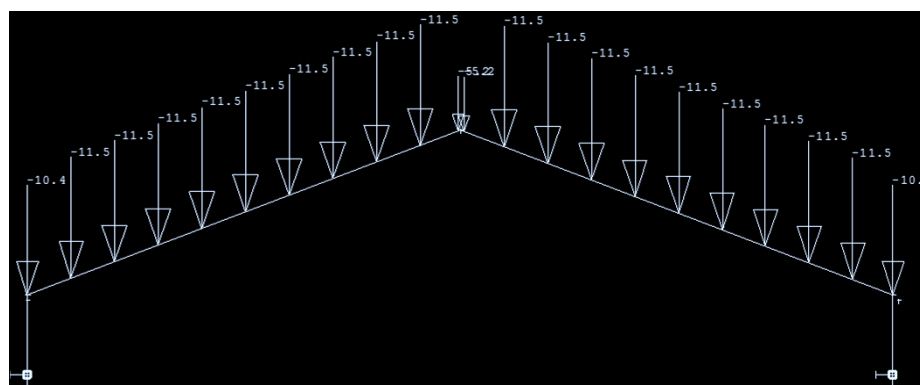
Zatížení sněhem vlevo



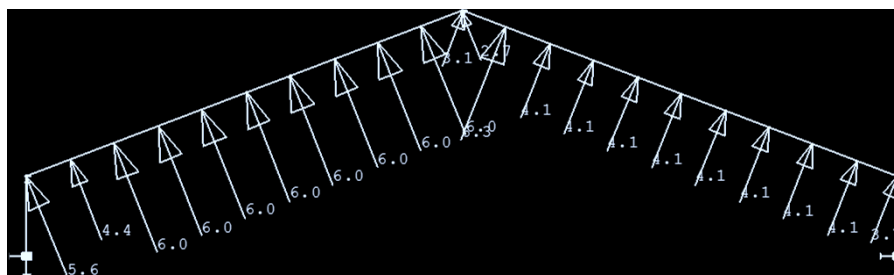
Zatížení sněhem vpravo



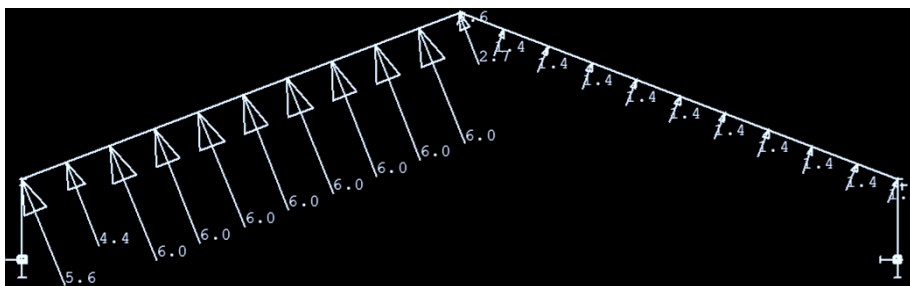
Zatížení sněhem vlevo i vpravo



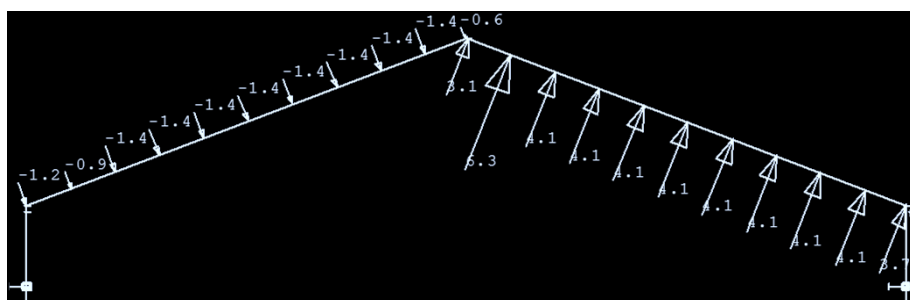
Zatížení příčle příčným větrem č. 1



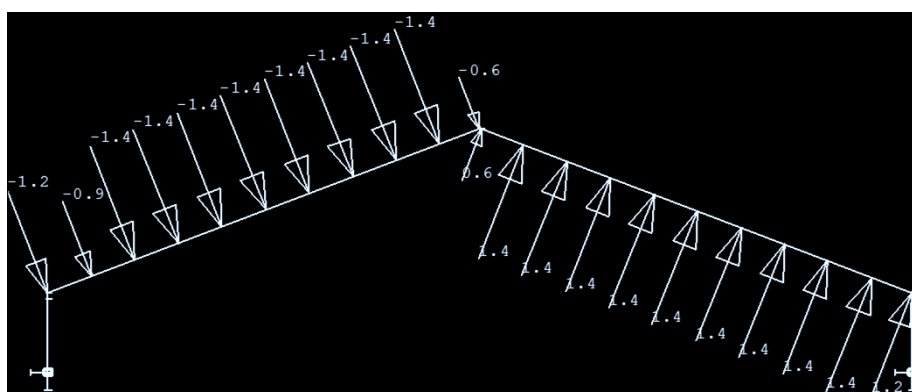
Zatížení příčle příčným větrem č. 2



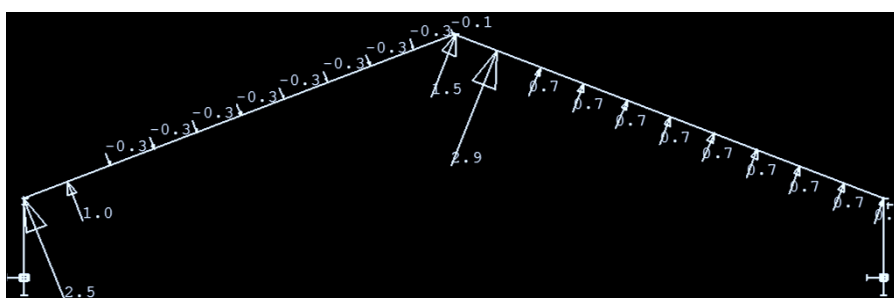
Zatížení příčle příčným větrem č. 3



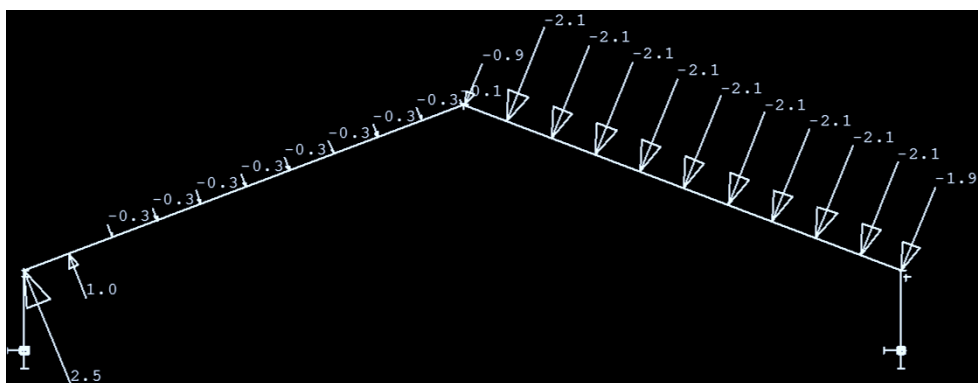
Zatížení příčle příčným větrem č. 4



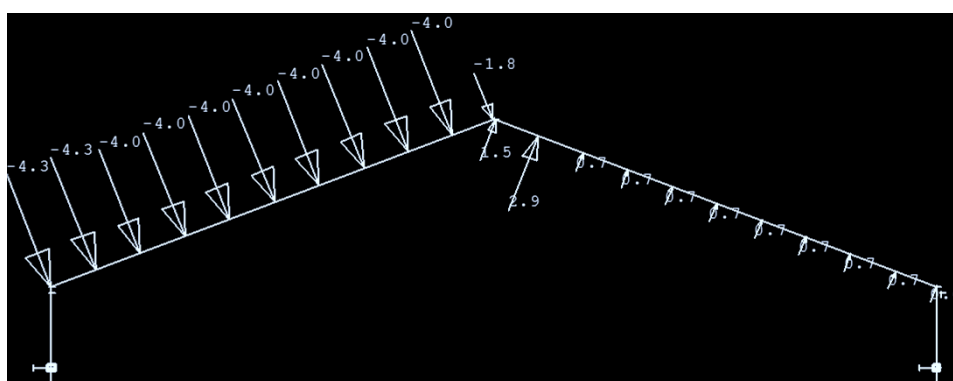
Zatížení příčle příčným větrem č. 5



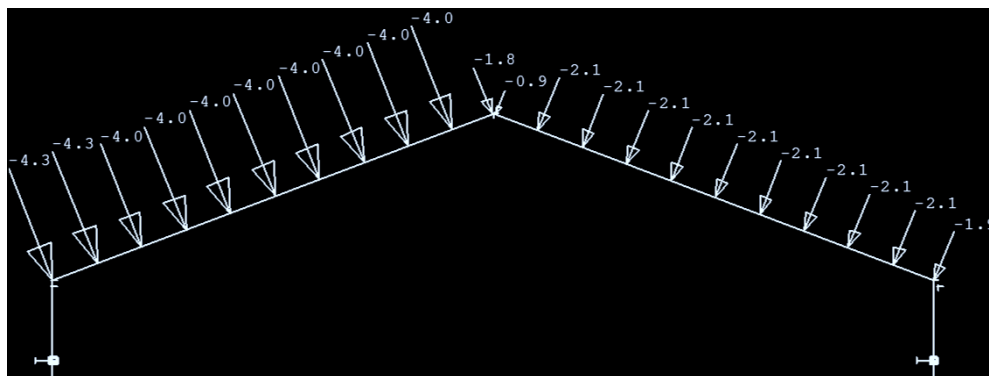
Zatížení příčle příčným větrem č. 6



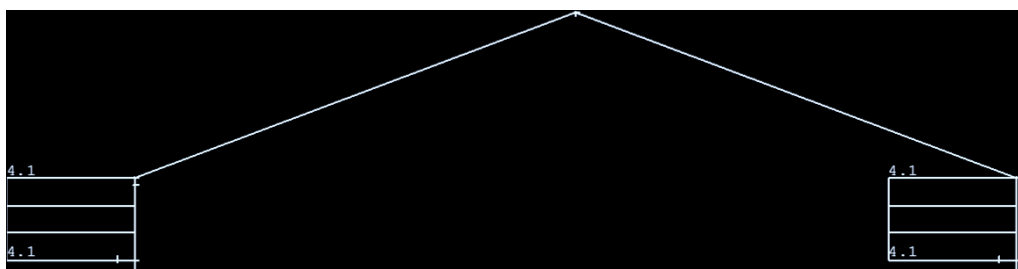
Zatížení příčle příčným větrem č. 7



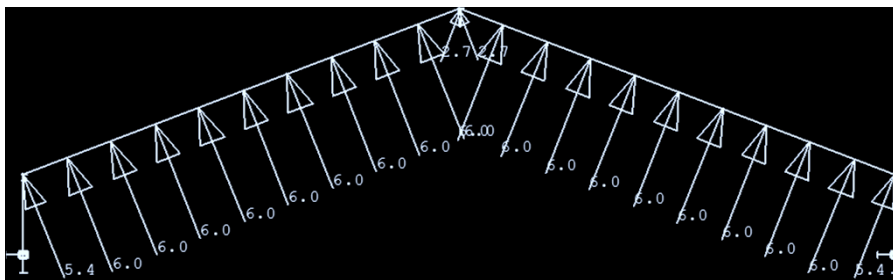
Zatížení příčle příčným větrem č. 8



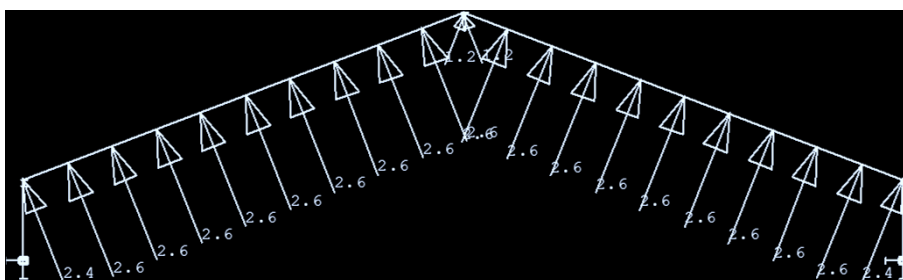
Zatížení stojky příčným větrem



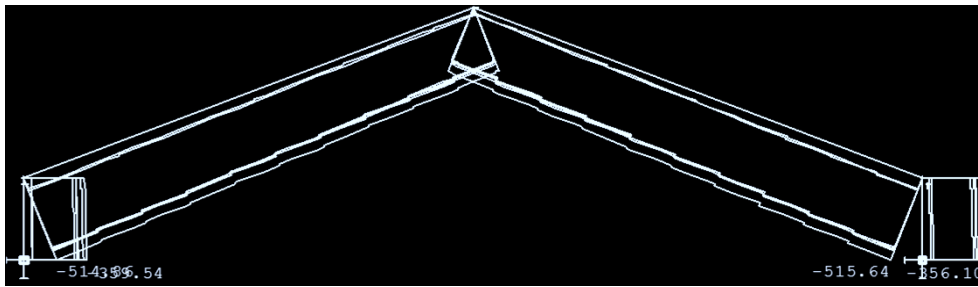
Zatížení podélným větrem č.1



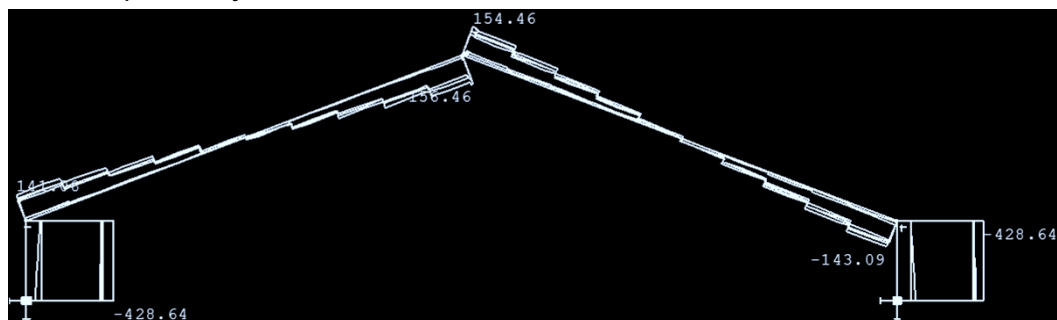
Zatížení podélným větrem č.2



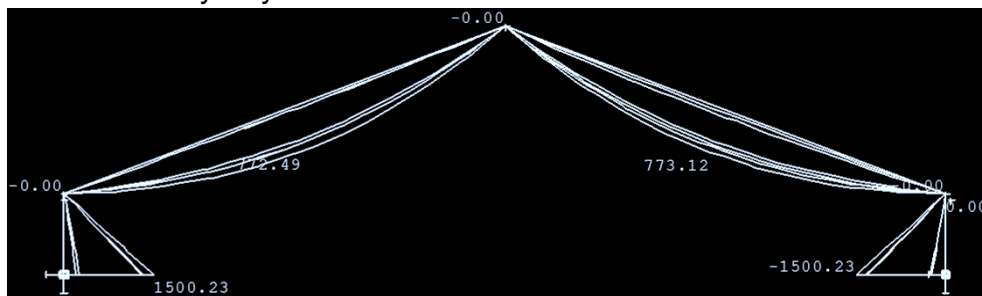
Průběh normálových sil



Průběh posouvajících sil



Průběh ohybových momentů



10.5.3. Posudek mezního stavu únosnosti rámové konstrukce :

Posudek únosnosti příčle :

moment setrvačnosti příčle :

$$I_R = \frac{1}{12} \cdot b_R \cdot h_R^3 = 0,0683 \text{ m}^4$$

plocha průřezu příčle :

$$A_R = b_R \cdot h_R = 0,32 \text{ m}^2$$

$$E_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot E_{0,mean} = 9167 \text{ MPa}$$

osová síla v příčli :

$$N_{ED,R} = N_0 = 614,86 \text{ kN}$$

posouvající síla v příčli :

$$V_{ED} = 156,46 \text{ kN}$$

ohybový moment v příčli :

$$M_{ED} = 773,12 \text{ kNm}$$

$$L_{cr,y} = l_{eff,R} = 19,90 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_R}{A_R}} = 0,462 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 43,08$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 48,74 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0,702$$

součinitel vzpěrnosti pro LLD :

$$\beta_c = 0,1$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2) = 0,766$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,m}^2}} = 0,931$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b_R \cdot h_R^2 = 0,085 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,R}}{A_R} = 1921,438 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = 9060 \text{ kPa}$$

posudek únosnosti příčle při kombinaci tlaku a ohybu

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,0,d}} \leq 1$$

0,64	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

Posudek únosnosti příčle na působení maximální normálové síly :

vzálenost krajních vláken od kraje příčle : $e = 0,8 \text{ m}$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED} + N_{ED,R} \cdot e}{W_y} = 6537 \text{ kPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

0,49	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

Posudek smykové únosnosti příčle rámu :

smykové napětí příčle :

$$\tau_{V,R} = \frac{3 \cdot V_{ED,R}}{2 \cdot b_R \cdot h_R} = 0,73 \text{ MPa}$$

$\tau_{V,R} = 0,73 \text{ MPa}$	<	$f_{v,d} = 2,02 \text{ MPa}$	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------------------------	---	------------------------------	---------------	----------

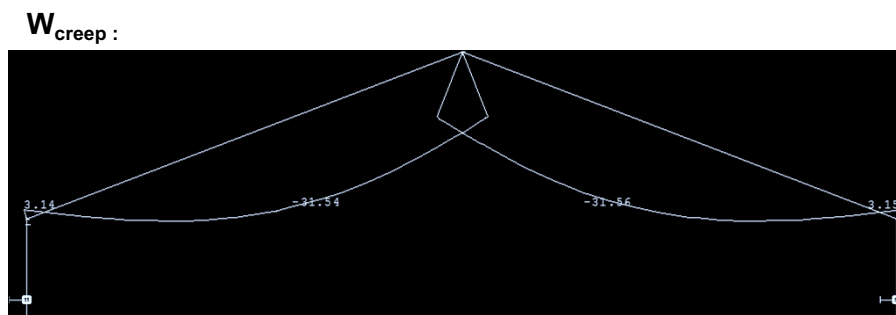
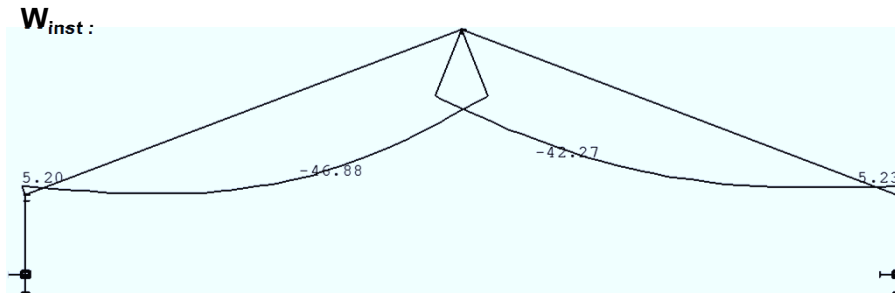
Posudek únosnosti ve smyku pro průřez nad podporou :

Průřezová plocha oslabená :

$$A_{osl} = b_R \cdot h_{R,osl} = 0,16 \quad \text{m}^2$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{A_{osl}} = 1,47 \quad \text{MPa}$$

$\tau_{v,d} =$ 1,47 MPa	<	$f_{v,d} =$ 2,02 MPa	=	Vyhovuje
--------------------------------	-------------	-----------------------------	----------	-----------------

10.5.4. Posudek mezního stavu použitelnosti příčle

$$W_{fin} = W_{inst} + W_{creep} = 78,42 \quad \text{mm}$$

$$W_{lim} = \frac{L_{eff,R}}{250} = 79,6 \quad \text{mm}$$

$W_{fin} =$ 78,42 mm	<	$W_{lim} =$ 79,60 mm	⇒	Vyhovuje
-----------------------------	-------------	-----------------------------	----------	-----------------

10.5.5. Návrh sloupu :

- materiál HEB 500, ocel S355
- údaje o sloupu

pevnost oceli :	$f_{yd} =$	355	MPa
modul pružnosti v ohybu :	$E =$	210000	MPa
modul pružnosti ve smyku :	$G =$	81000	MPa
délka sloupu :	$L_{crit,y} =$	7	m
	$L_{crit,z} =$	3,5	m
plocha průřezu :	$A =$	23 900	mm ²
plocha průřezu stojiny :	$A_{v,z} =$	6 438	mm ²
moment setrvačnosti průřezu :	$I_y =$	1,E+09	mm ⁴
	$I_z =$	1,E+08	mm ⁴
	$I_w =$	7,E+12	mm ⁴
	$I_t =$	5,E+06	mm ⁶
poloměr setrvačnosti průřezu :	$i_y =$	212	mm
	$i_z =$	72,6	mm
průřezový modul :	$W_{pl,y} =$	4 820 000	mm ³
	$W_{el,y} =$	4280000	mm ³

návrhové hodnoty pro sloup :

normálová síla :	$N_{ED} =$	359,54	kN
posouvající síla :	$V_{ED} =$	428,64	kN
ohybový moment :	$M_{ED} =$	1500,23	kN

10.5.6. Posudek mezního stavu únosnosti sloupu :**Posudek na tlak s účinky vzpěru :**

štíhlostní poměry :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,814$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 76,40$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 33,02$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 48,21$$

$$H = 500 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$\frac{H}{B} = 1,67$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,432 \Rightarrow \chi_y = 0,94 \text{ křivka a}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0,631 \Rightarrow \chi_z = 0,83 \text{ křivka b}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 7975 \text{ kN}$$

$N_{pl,Rd} =$	7975	kN	>	$N_{ED} =$	359,54	kN	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------	-------------	-----------	-------------	------------	---------------	-----------	---------------------------------	-----------------

Posudek kombinace ohybu a osově síly :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 8485 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1711 \text{ kNm}$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left[1 - \left(\frac{N_{ED}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right] = 1708 \text{ kNm}$$

$M_{N,Rd} =$	1708	kNm	>	$M_{ED} =$	1500,23	kNm	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	-------------	------------	-------------	------------	----------------	------------	---------------------------------	-----------------

Posudek ztráty stability vlivem klopení :

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd} \gamma_{M1}} \leq 1$$

0,05	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------	-------------	-------------	---------------------------------	-----------------

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd} \gamma_{M1}} \leq 1$$

0,05	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------	-------------	-------------	---------------------------------	-----------------

$$N_{Rk} = N_{pl,Rd} = 8485 \text{ kN}$$

$$\psi = 0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

$C_{my} =$	0,6	>	0,40	\Rightarrow	Vyhovuje
------------	------------	-------------	-------------	---------------------------------	-----------------

- součinitel interakce :

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} \gamma_{M1}} \right)$$

$K_{yy} =$	0,6	<	0,62	\Rightarrow	Vyhovuje
------------	------------	-------------	-------------	---------------------------------	-----------------

- součinitel interakce :

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0,631$$

$$pro \bar{\lambda} \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = C_{my}$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \geq 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}$$

$k_{zy} =$	0,991	>	0,985	\Rightarrow	Vyhovuje
------------	--------------	-------------	--------------	---------------------------------	-----------------

- bezrozměrný parametr kroucení :

$$k_w = 0,7$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 2,337$$

- bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu :

$$k_z = 1$$

$$z_j = 0$$

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = 0$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{wt} = 1,957$$

$$C_2 = 0$$

$$C_3 = 1$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] = 4,97$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = 15301 \text{ kNm}$$

- součinitel klopení :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,334 \Rightarrow \phi_{LT} = 0,97 \text{ z grafu}$$

Posudek ztráty stability vlivem klopení směr y :

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,ed} + \Delta M_{y,ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,ed} + \Delta M_{z,ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

0,59	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Posudek ztráty stability vlivem klopení směr z :

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,ed} + \Delta M_{y,ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,ed} + \Delta M_{z,ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

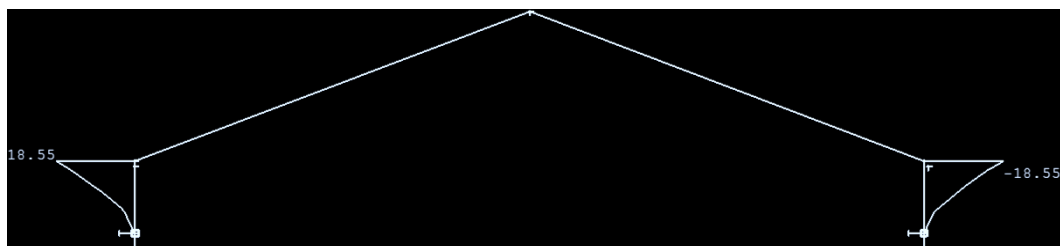
0,95	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Posudek únosnosti ve smyku :

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1320 \quad \text{kN}$$

$V_{pl,Rd} =$	1320	kN	>	$2 \cdot V_{ED} =$	857	kN	⇒	Vyhovuje
---------------	------	----	---	--------------------	-----	----	---	----------

10.5.7. Posudek mezního stavu použitelnosti sloupu :



$$\delta_{lim} = \frac{L}{150} = 23,33 \quad \text{mm}$$

$\delta =$	18,55	mm	<	$\delta_{lim} =$	23	mm	⇒	Vyhovuje
------------	-------	----	---	------------------	----	----	---	----------

10.5.8. Návrh a posudek vaznice :

- VIZ. Varianta č.1

10.5.9. Návrh a posudek spoje mezi sloupem a příčlí :**Posudek dřevěné části :**

osová síla v místě spoje : $N_{ED} = 515,64$ kN

posouvající síla v místě spoje : $V_{ED} = -143,09$ kN

výsledná smyková reakce v místě spoje : $R_{smyk} = \sqrt{N_{ED}^2 + V_{ED}^2} = 535,13$ kN

úhel sklonu příčle : $\alpha[^\circ] = 21$

úhel mezi vlákny příčle a výslednou smykovou reakcí :

$$\beta[^\circ] = \arctg \frac{V_{ED}}{N_{ED}} = -15,51$$

úhel sklonu výslednice od vodorovné roviny : $\gamma[^\circ] = \alpha - \beta = 36,51$

výsledná vertikální síla v místě spoje : $R_V = \sin \gamma \cdot R_{smyk} = 318,4$ kN

výsledná horizontální síla v místě spoje : $R_H = \cos \gamma \cdot R_{smyk} = 430,1$ kN

návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 17,28$ MPa

návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny :

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 3,96$$
 MPa

návrhová pevnost v tlaku šikmo k vláknům :

$$K_{c,90} = 1,0$$

$$f_{c,\frac{\alpha}{2},d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{K_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = 15,54$$
 MPa

Posudek otlačení čela přípoje

výška čela průřezu : $h_d = 0,78$ m

šířka čela průřezu : $b_d = 0,2$ m

plocha otlačení : $A_d = h_d \cdot b_d = 0,156$ m²

napětí v tlaku : $\sigma_{c,0,d} = \frac{R_H}{A_d} = 2,76$ MPa

$\sigma_{c,0,d} = 2,76$ MPa	<	$f_{c,\frac{\alpha}{2},d} = 15,54$ MPa	⇒	Vyhovuje
-----------------------------	---	--	---	----------

Posudek otláčení paty přípojevýška paty průřezu : $h_d = 0,2$ mšířka paty průřezu : $b_d = 0,2$ mplocha otláčení : $A_d = h_d \cdot b_d = 0,04$ m²napětí v tlaku : $\sigma_{c,90,d} = \frac{R_V}{A_d} = 7,96$ MPa

$\sigma_{c,90,d} =$	7,96	MPa	<	$f_{c,g,d} =$	15,54	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------------	-------------	------------	-------------	---------------	--------------	------------	---------------------------------	-----------------

Návrh a posudek ocelové části spoje :

Návrh spoje :

ocel S355	f _y =	355	MPa	
Výška průřezu :	h =	300	mm	původní HEB
Tloušťka stojiny :	t =	14,5	mm	původní HEB
Šířka horní pásnice :	b1 =	500	mm	původní HEB
Výška horní pásnice :	c1 =	28	mm	původní HEB
Šířka spodní pásnice :	b2 =	220	mm	
Výška spodní pásnice :	c2 =	15	mm	
Výška stojiny :	a =	257	mm	

	b mm	h mm	Abi mm ²	zbi mm	Sbi mm ³	I _{bi,y} mm ⁴	A _{bi,y} *(zi-zt) mm ⁴	I _{bi,z} mm ⁴
1	220	15	3300	7,5	24750	61875	1,45E+08	13310000
2	14,5	257	3726,5	143,5	534752,8	20510967	20151087	65291,39
3	500	28	14000	286	4004000	914666,67	66584898	2,92E+08
SUMA =			21026,5		4563503	21487508	2,32E+08	3,05E+08

Vzdálenost N.O. od pravé strany :	Z =	217	mm	=	0,217036	m
Plocha průřezu :	A =	21026,5	mm ²	=	0,021027	m ²
Moment setrvačnosti ve směru y :	I _y =	253110791	mm ⁴	=	0,000253	m ⁴
Moment setrvačnosti ve směru z :	I _z =	305041958	mm ⁴	=	0,000305	m ⁴
Průřezový modul ve směru y :	W _y =	1166216,9	mm ³	=	0,001166	m ³
Průřezový modul ve směru z :	W _z =	1220167,8	mm ³	=	0,00122	m ³
Moment setrvačnosti v kroucení :	I _T =	4167332,2	mm ⁴	=	4,17E-06	m ⁴

Výpočet ohybového momentu vznikajícího v místě spoje :excentricita ve vertikálním směru : $e_V = 0,1$ mexcentricita v horizontálním směru : $e_H = 0,39$ m

$$M_{Rd} = R_H \cdot e_H - R_V \cdot e_V = 135,91 \text{ kNm}$$

ohybová únosnost průřezu :

$$M_{Ed} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{Ma}} = 414 \text{ kNm}$$

10.6. Výpočet zatížení pro variantu 3

10.6.1. Zatížení stálá

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,35$$

Stálé zatížení :

gk [kN/m²]

Sendvič. p. BROLLO RADIUS:PGB-CTD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,15
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,2 x 0,34 m) co 2 m, 500 kg/m ³	0,23
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1

10.6.2. Zatížení užité

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,5$$

Zatížení užité :

qk [kN/m²]

Užitné zatížení při opravách, 75 kg/m ²	0,75
--	------

- pro tento typ zastřešení neuvažujeme

10.6.3. Zatížení sněhem - město Vratimov, typ krajiny normální

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,5$$

Sněhová oblast II (město Vratimov) :

$$sk = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel expozice (typ krajiny-normální) :

$$C_e = 1,2$$

Tepelný součinitel :

$$C_t = 1,0$$

rozpětí haly :

$$b = 41,6 \text{ m}$$

vzepětí haly :

$$h = 11,8 \text{ m}$$

$$\text{Tvarový součinitel zatížení : } \mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 3,04 \Rightarrow \mu_3 = 2$$

Výpočet charakteristické hodnoty zatížení :

$$s_{k,1} = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot sk = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k,2} = 0,5 \cdot s_{k,1} = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

10.6.4. Zatížení větrem

Součinitel zatížení :

$$\gamma_F = 1,5$$

Rychlost a tlak větru - pro oblas města Vratimova

Rychlost větru :

$$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

Součinitel směru větru :

$$C_{dir} = 1,0$$

Součinitel ročního období :

$$C_{season} = 1,0$$

$$\text{Základní rychlost větru : } v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

Hustota vzduchu : $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Základní tlak větru : $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 316,4 \text{ Pa}$

Referenční výšky

Výška konstrukce : $z = h = 11,8 \text{ m}$

Referenční výška pro vnější tlak : $z_e = 11,8 \text{ m}$

Referenční výška pro vnitřní tlak : $z_i = 11,8 \text{ m}$

Součinitel drsnosti - uvažena kategorie terénu III

Délka drsnosti (viz. tabulka) : $z_0 = 0,3 \text{ m}$

Minimální výška (viz. tabulka) : $z_{\min} = 5,0 \text{ m}$

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$

Součinitel terénu : $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,215$

Součinitel drsnosti : $c_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0} = 0,79$

Charakteristická střední rychlost větru

Součinitel ortografie : $c_0(z) = 1,0$

Součinitel turbulence : $k_1 = 1,0$

Charakteristická střední rychlost větru :

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 17,80 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = 0,272 \text{ pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

Maximální charakteristický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = 0,575 \text{ kN/m}^2$$

10.6.4.1. Zatížení větrem na střešní konstrukci - příčný vítr

Součinitelé vnějších tlaků - příčný vítr

$$\frac{h}{b} = 0,28$$

$C_{pe,10}^A =$	0,42
$C_{pe,10}^B =$	-1,0
$C_{pe,10}^C =$	-0,4

Součinitelé vnitřních tlaků

$C_{pi} =$	0,2
$C_{pi} =$	-0,3

Výsledné zatížení na střešní konstrukci příčným větrem

Konečný výpočet : $w_k = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) =$

pro $c_{pi} = 0,2$

$w_k^{A,1} =$	0,127
$w_k^{B,1} =$	-0,690
$w_k^{C,1} =$	-0,345

pro $c_{pi} = -0,3$

$w_k^{A,2} =$	0,414
$w_k^{B,2} =$	-0,403
$w_k^{C,2} =$	-0,058

10.6.4.2. Zatížení větrem na střešní konstrukci - podélný vítr

Konečný výpočet : $w_k = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) =$

součinitel vnějšího tlaku :

$C_{pe} =$ -0,5

součinitel vnitřního tlaku :

$C_{pi} =$ 0,2

$C_{pi} =$ -0,3

pro $c_{pi} = 0,2$

$w_k^{D,1} =$	-0,403
---------------	--------

pro $c_{pi} = -0,3$

$w_k^{D,2} =$	-0,115
---------------	--------

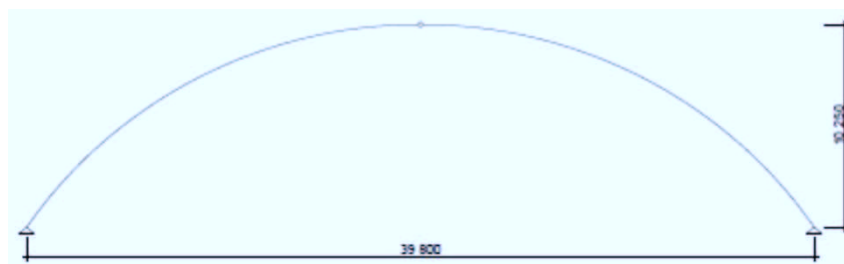
10.7. Návrh a posudek dřevěného oblouku

10.7.1. Návrh dřevěného oblouku

- dřevěný vazník o rozpětí 39,8 m, materiál GL 24, trojkloubý
- předběžný návrh průřezu : **200 x 1400 mm**
- údaje o vazníku

rozpětí :	L =	39,8	m
výška průřezu :	h =	1,4	m
šířka průřezu :	b =	0,2	m
osová vzdálenost ráků :	vz =	6	m
zatěžovací šířka :	zš =	2	m

Zatěžovací model



10.7.2. Výpočet zatížení pro obloukovou konstrukci

Stálé zatížení na oblouk

- výpočet bodových sil vzniklých od působení vaznice na vazník
- přepočten na zatěžovací šířku 2 m a vzepětí 6 m :

	g_k [kN/m ²]	zat. šířka[m]	g_k [kN/m]
Sendvič. p. BROLLO RADIUS:PGB-CTD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147	2	0,29
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150	2	0,30
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,2 x 0,34 m) co 2 m, 500 kg/m ³	0,230		0,23
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3	2	0,6
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1	2	0,20

Stálé zatížení celkem : **0,837** **1,50**

síly v poli : $g_k \cdot vz =$ 9,00 kN

krajní síla a ve vrcholu: $(q_k \cdot 1 + g_{k_{vaznice}}) \cdot vz =$ 6,22 kN

Vlastní tíha rámu

	g_k [kN/m]
Dřevěný vazník z GL 24 (0,2 x 1,4 m) co 6 m, 500 kg/m ³	1,06

Zatížení sněhem

$$s_{k,1} \cdot vZ \cdot z\check{s} = 28,8 \text{ kN}$$

$$s_{k,2} \cdot vZ \cdot z\check{s} = 14,4 \text{ kN}$$

- pro zjištění bodových sil od navátého sněhu byl použit grafický program ArchiCad 12

Zatížení příčným větrem

oblast A : $w_k^{A,1} \cdot vZ \cdot z\check{s} = 1,52 \text{ kN}$

$$w_k^{A,2} \cdot vZ \cdot z\check{s} = 4,97 \text{ kN}$$

oblast B : $w_k^{B,1} \cdot vZ \cdot z\check{s} = -8,28 \text{ kN}$

$$w_k^{B,2} \cdot vZ \cdot z\check{s} = -4,83 \text{ kN}$$

oblast C : $w_k^{C,1} \cdot vZ \cdot z\check{s} = -4,14 \text{ kN}$

$$w_k^{C,2} \cdot vZ \cdot z\check{s} = -0,69 \text{ kN}$$

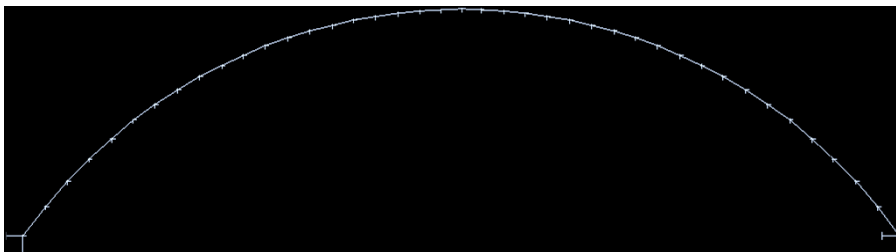
Zatížení podélným větrem

$$w_k^{D,1} \cdot vZ \cdot z\check{s} = -4,83 \text{ kN}$$

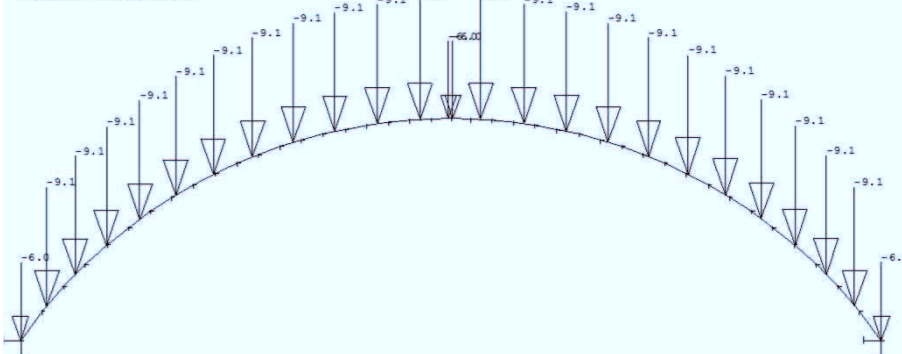
$$w_k^{D,2} \cdot vZ \cdot z\check{s} = -1,38 \text{ kN}$$

Zatěžovací stavy

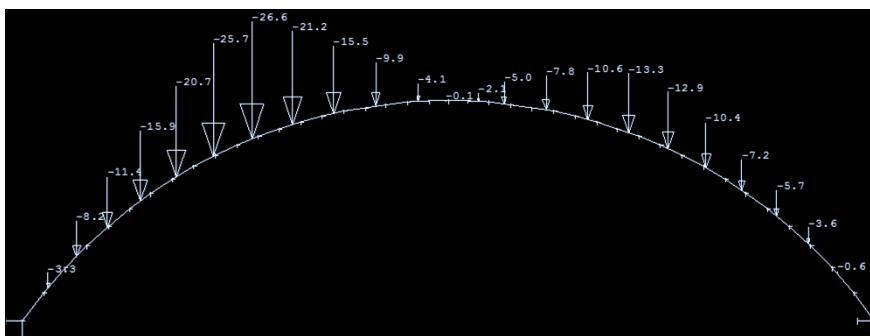
Vlastní tíha



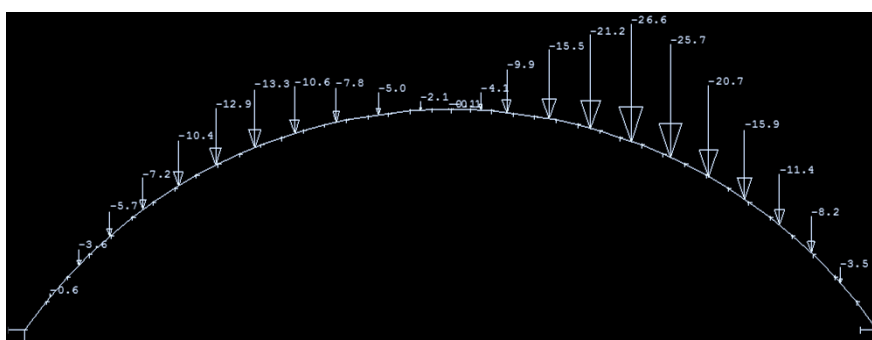
Stálé zatížení



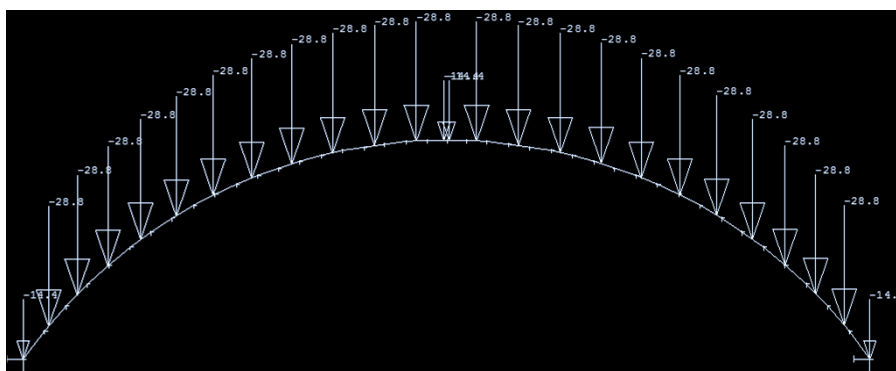
Zatížení navátým sněhem vlevo



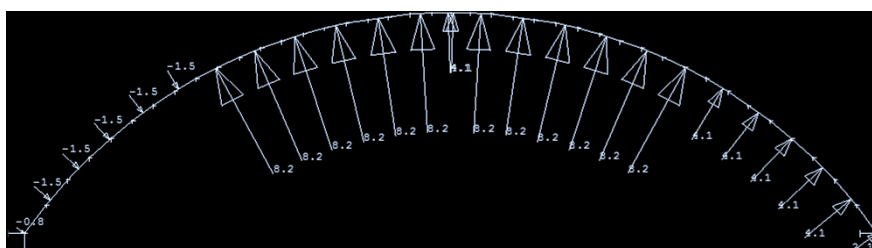
Zatížení navátým sněhem vpravo



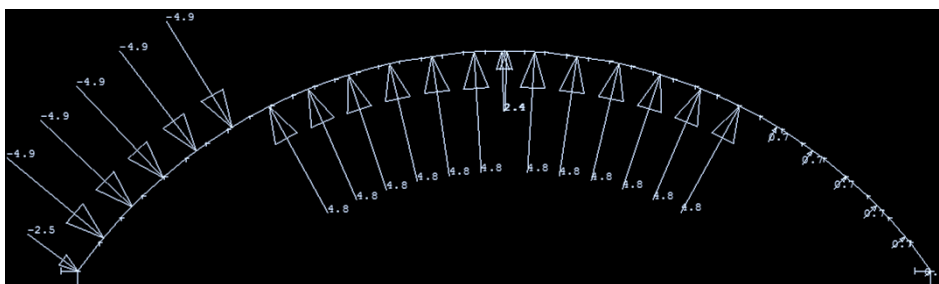
Zatížení sněhem vlevo i vpravo



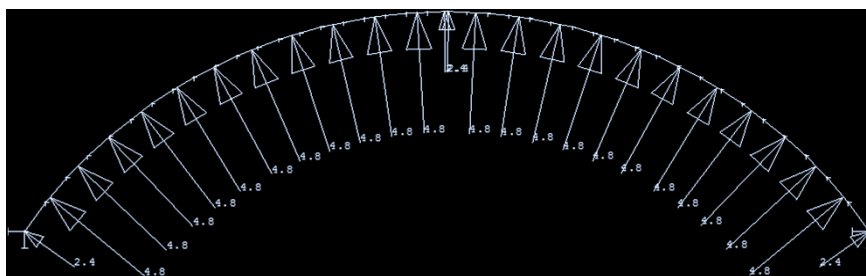
Zatížení příčným větrem 1



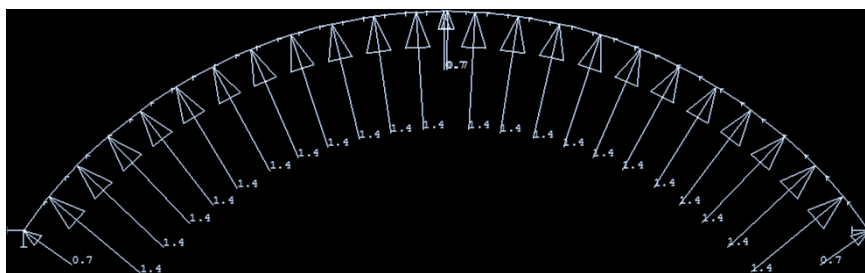
Zatížení příčným větrem 2



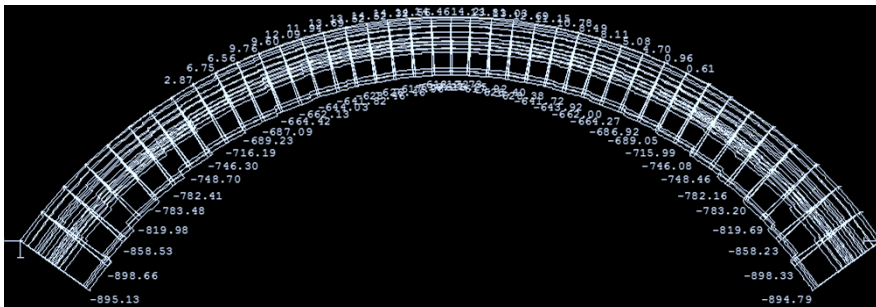
Zatížení podélným větrem 1



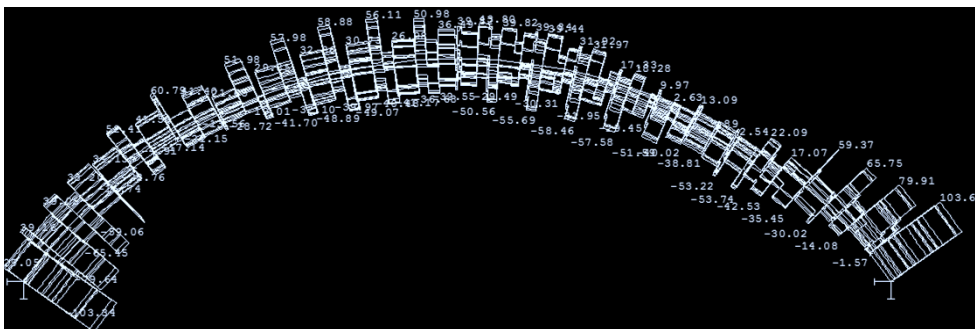
Zatížení podélným větrem 2



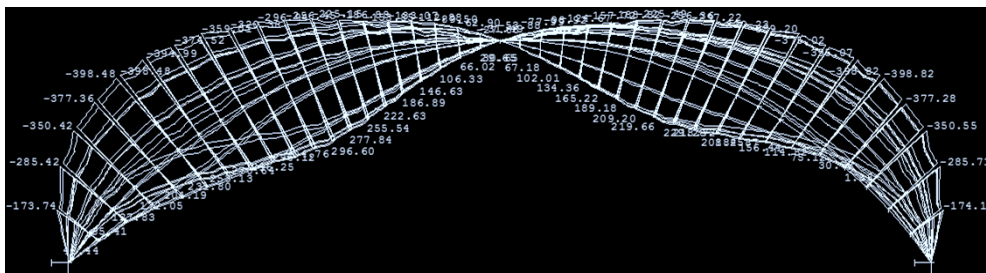
Průběh normálových sil



Průběh posouvajících sil



Průběh ohybových momentů



10.7.3. Posudek mezního stavu únosnosti oblouku :

maximální ohybový moment : $M_{ED,max} = -403,62$ kNm

příslušná normálová síla : $N_{ED,př} = -786,76$ kN

maximální normálová síla : $N_{ED,max} = -903,99$ kNm

příslušný ohybový moment : $M_{ED,př} = -175,3$ kN

maximální posouvající síla : $V_{ED,max} = 104,88$ kN

moment setrvačnosti průřezu : $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0,0457$ m⁴

plocha průřezu : $A = b \cdot h = 0,28$ m²

$$E_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot E_{0,mean} = 9167 \text{ MPa}$$

rozpětí oblouku : $L = 39,8 \text{ m}$
 vzepětí oblouku : $f = 10,25 \text{ m}$

$$k = \frac{f}{L} = 0,26$$

efektivní délka : $l_{eff} = \frac{L}{1,75} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot k} = 27,99 \text{ m}$

$$L_{cr,y} = l_{eff} = 27,99 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = 0,404 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 69,27$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda_y^2} = 18,86 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 1,128$$

součinitel vzpěrnosti pro LLD :

$$\beta_c = 0,1$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2) = 1,178$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,m}^2}} = 0,660$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,065 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,př}}{A} = 2810 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED,max}}{W_y} = 6178 \text{ kPa}$$

$$k_{crit} = 1$$

$$k_r = 1$$

posudek únosnosti rámu při kombinaci tlaku a ohybu :

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot k_r \cdot f_{m,d}} \right)^2 \leq 1$$

0,37	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Podmínka malého zakřivení lamel

poloměr zakřivení lamel :	$r_{in} =$	24100	mm
tloušťka lamel :	$t =$	40	mm
	$\frac{r_{in}}{t} =$	602,5	

602,5	>	240,00	\Rightarrow	Vyhovuje
-------	---	--------	---------------	----------

Posudek únosnosti na působení normálové síly v místě kladného ohyb. momentu

Kladný moment :	$M_{ED+} =$	301,95	kNm
Příslušná normálová síla :	$N_{ED,př} =$	-250,84	kN
vzálenost krajních vláken od kraje přičle :	$e =$	0,7	m

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED+} + N_{ED,př} \cdot e}{W_y} = 2990 \text{ kPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

0,34	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

Posudek únosnosti ve smyku

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{A} = 0,56 \text{ MPa}$$

$\tau_{v,d} =$	0,56	MPa	<	$f_{v,d} =$	2,02	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------	------	-----	---	-------------	------	-----	---------------	----------

Posudek pro tah kolmo k vláknům

vzdálenost místa od levého kraje :	$x =$	10200	mm
úhel v místě působení :	$\alpha_{ap} =$	21°	
návrhový moment :	$M_{ap,d} =$	301,95	kNm
příslušná normálová síla :	$N_{ap,d} =$	-250,84	kN
výška průřezu v místě působení :	$h = h_{ap} =$	1400	mm
šířka průřezu v místě působení :	$b =$	200	mm
vnější poloměr zakřivení oblouku :	$r =$	25000	mm
střední poloměr zakřivení oblouku :	$r_{in} =$	24300	mm

výpočet součinitelů :

$$k_5 = 0,2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,077$$

$$K_6 = 0,25 - 1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,057$$

$$K_7 = 2,1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,217$$

$$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 = 0,081$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{M_{ap,d} + N_{ap,d} \cdot \frac{h_{ap}}{2}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h_{ap}^2} = 0,11 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ap,d}}{A} = -0,90 \quad \text{N}$$

referenční objem : $V_0 = 0,01 \quad \text{m}^3$

celkový objem oblouku : $V_b = 6,614 \quad \text{m}^3$

$$V = \frac{2 \cdot V_b}{3} = 4,409 \quad \text{m}^3$$

součinitel objemu :

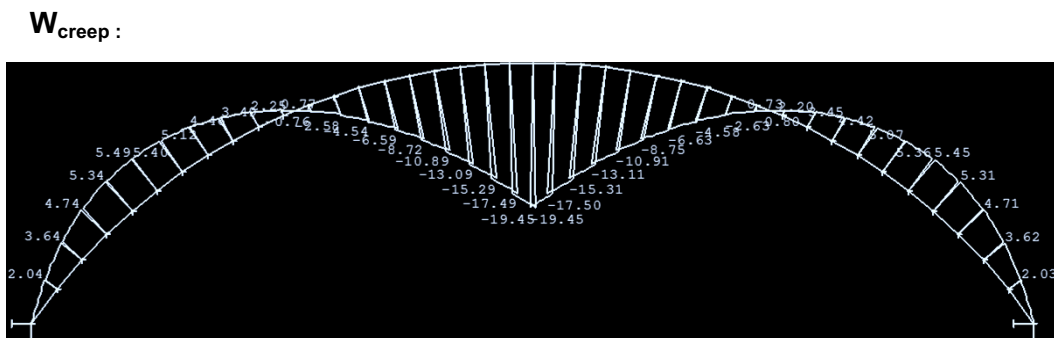
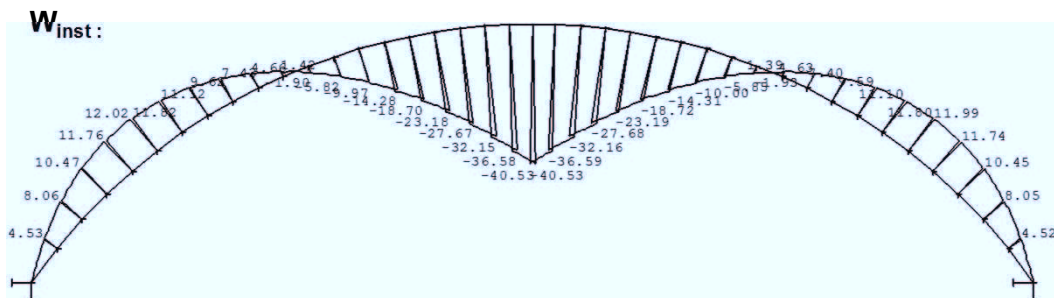
$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = 0,296$$

$$k_{dis} = 1,4$$

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$0,96 < 1,00 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

10.7.4. Posudek mezního stavu použitelnosti

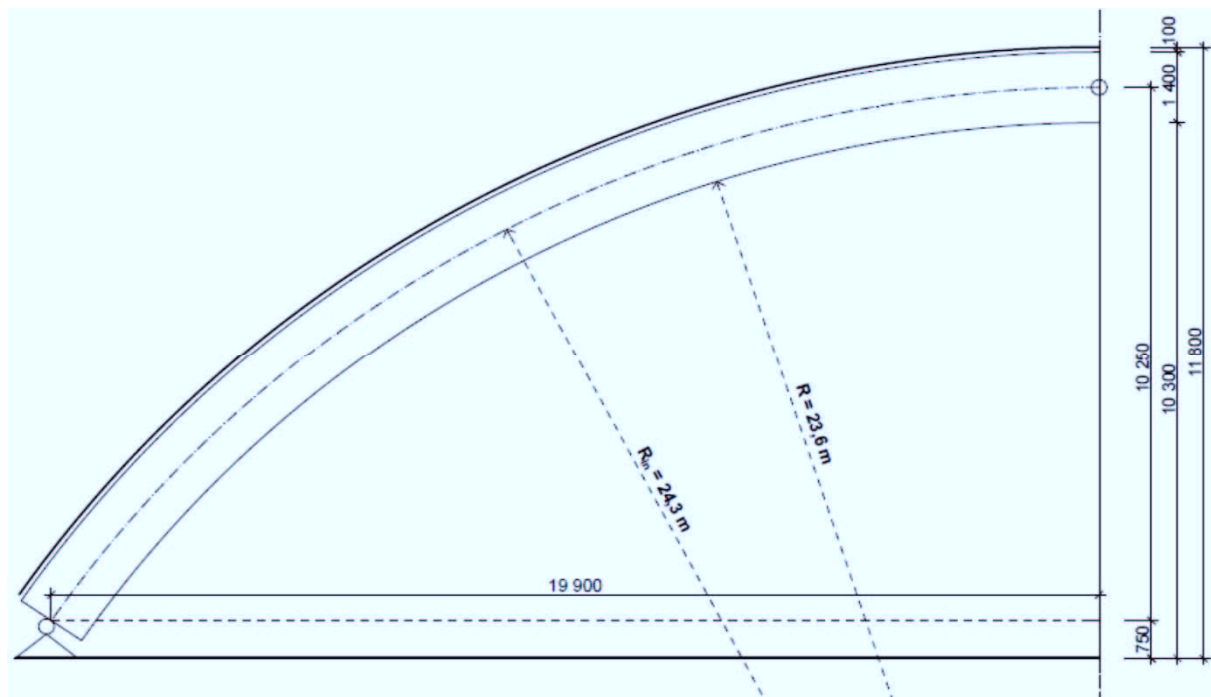


$$W_{fin} = W_{inst} + W_{creep} = 59,98 \quad \text{mm}$$

$$W_{lim} = \frac{L_{eff}}{250} = 112,0 \quad \text{mm}$$

$$W_{fin} = 59,98 \quad \text{mm} < W_{lim} = 111,98 \quad \text{mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

10.7.5. Nákres návrhované konstrukce



10.8. Návrh a posudek vaznice V1

10.8.1. Návrh vaznice V1

- vaznice prostě podepřená z GL 24, rozpětí 5,8 m, umístěna co 2 m po obvodu oblouku
- výška vaznice v poli : $h = 0,34$ m
- šířka vaznic : $b = 0,2$ m
- šířka vaznice v místě podpory : $b_p = 0,2$ m
- délka vaznice : $L_{eff} = 5,8$ m
- zatěžovací šířka : $zš = 2$ m

10.8.2. Výpočet zatížení na vaznici V1

Stálé zatížení

	g_k [kN/m ²]	zat. šířka[m]	g_k [kN/m]
Sendvič. p. BROLLO RADIUS:PGB-CTD5 tl. 100 mm, hmotnost 14,7 kg/m ²	0,147	2	0,29
Tepelná izolace ROCKWOOL ROCKMIN tl. 120 mm, hmotnost 125 kg/m ³	0,150	2	0,3
Dřevěný záklop tl. 20 mm, 500 kg/m ³	0,1	2	0,2
Vzduchotechnika, elektroinstalace 30 kg/m ²	0,3	2	0,6
Celkem	0,697		1,33

Vlastní tíha vaznice

	g_k [kN/m]
Dřevěná vaznice z GL 24 (0,2 x 0,34 m) co 2 m, 500 kg/m ³	0,23

Užitné zatížení

	qk [kN/m²]	zat. šířka[m]	qk [kN/m]
Užitné zatížení při opravách, 75 kg/m ²	0,75	2	1,5

- dominantní zatížení je zatížení sněhem, proto do výpočtu nezařazujeme

Zatížení sněhem

Přepočet na zatěžovací šířku 2 m

$$0,8 \cdot s_{k,1} \cdot z\check{s} = 3,84 \quad \text{kN/m}$$

Zatížení příčným větrem

zatížení příčným větrem č.1

$$w_k^{B,1} \cdot z\check{s} = -1,38 \quad \text{kN/m}$$

Zatížení podélným větrem

zatížení podélným větrem č.1

$$w_k^{D,1} \cdot z\check{s} = -0,805 \quad \text{kN/m}$$

zatížení podélným větrem č.2

$$w_k^{D,2} \cdot z\check{s} = -0,230 \quad \text{kN/m}$$

10.8.3. Posudek mezního stavu únosnosti vaznice V1**10.8.3.1. Posudek vaznice V1 v nejvyšším místě obloukového rámu : oblast L-1**

- vaznice pootočena o úhel :

$$\alpha[^\circ] = 0$$

přepočet stálého zatížení do směru y a z :

$$R_{stálé} = 1,330 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y,stálé} = R_{stálé} \cdot \cos \alpha = 1,330 \quad \text{kNm}$$

$$F_{z,stálé} = R_{stálé} \cdot \sin \alpha = 0,000 \quad \text{kNm}$$

přepočet vlastní tíhy do směru y a z :

$$R_{vl.tíha} = 0,233 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y,vl.tíha} = R_{vl.tíha} \cdot \cos \alpha = 0,233 \quad \text{kNm}$$

$$F_{z,vl.tíha} = R_{vl.tíha} \cdot \sin \alpha = 0,000 \quad \text{kNm}$$

přepočet zatížení sněhem do směru y a z :

$$R_{sníh} = 3,84 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y,sníh} = R_{sníh} \cdot \cos \alpha = 3,84 \quad \text{kNm}$$

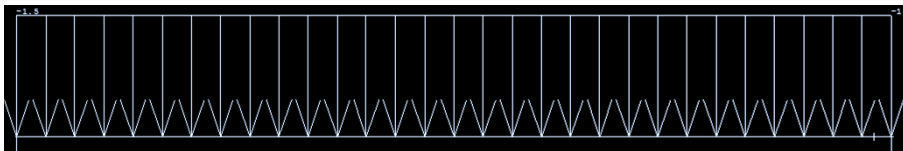
$$F_{z,sníh} = R_{sníh} \cdot \sin \alpha = 0,00 \quad \text{kNm}$$

Zatěžovací stavy

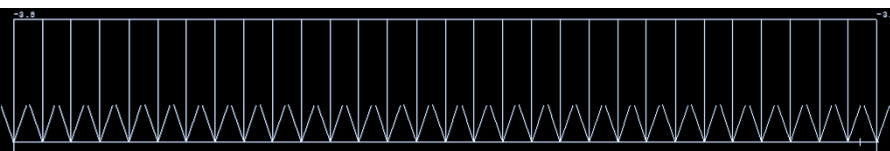
Vlastní tíha



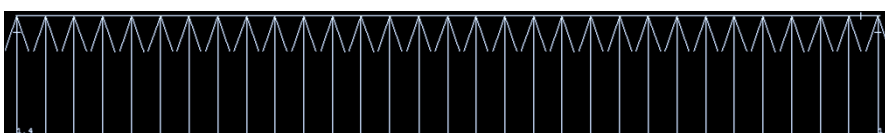
Stálé zatížení



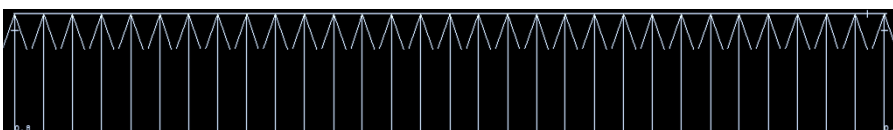
Zatížení sněhem



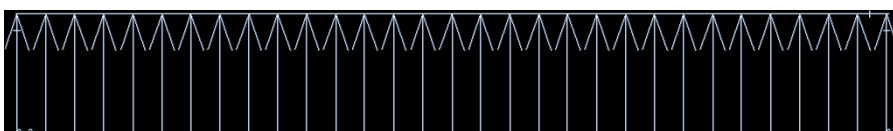
Zatížení příčným větrem č.1



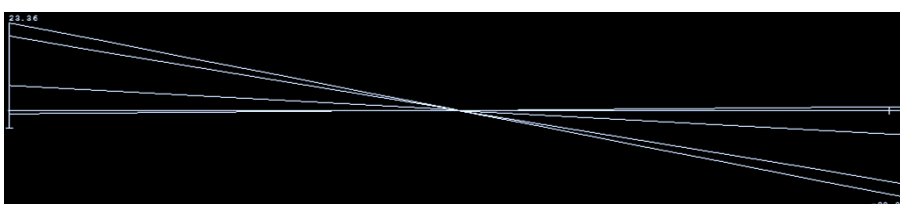
Zatížení podélným větrem č.1



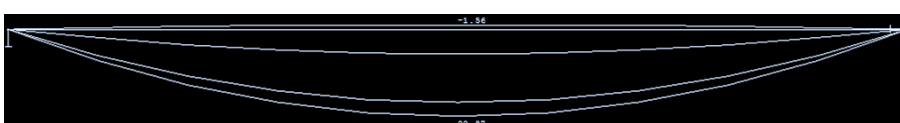
Zatížení podélným větrem č.2



Průběh posouvajících sil



Průběh ohybových momentů



Návrhová hodnota posouvající síly : $V_{ED} = 23,36$ kN

Návrhová hodnota ohybového momentu : $M_{ED} = 33,87$ kN

Průřezový modul : $w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,0039$ m³

Průřezová plocha v místě podpory : $A = b_p \cdot h = 0,068$ m²

Posudek únosnosti v ohybu : $\sigma_{m,d} = \frac{M_{ED}}{W_y} = 8,79$ MPa

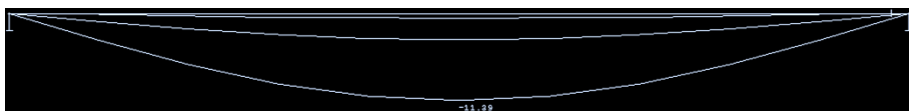
$\sigma_{m,d} = 8,79$ MPa	<	$f_{m,d} = 17,28$ MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------------------	---	-----------------------	---------------	----------

Posudek únosnosti ve smyku : $\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{A} = 0,52$ MPa

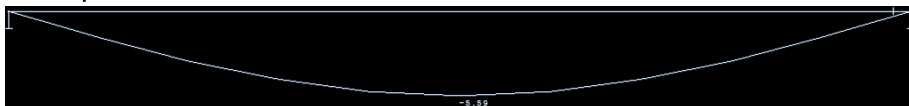
$\tau_{v,d} = 0,52$ MPa	<	$f_{v,d} = 2,02$ MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------------------	---	----------------------	---------------	----------

Posudek mezního stavu použitelnosti

W_{inst} :



W_{creep} :



$$W_{fin} = W_{inst} + W_{creep} = 16,96 \text{ mm}$$

$$W_{lim} = \frac{L_{eff}}{250} = 23,2 \text{ mm}$$

$W_{fin} = 16,96$ mm	<	$W_{lim} = 23,20$ mm	\Rightarrow	Vyhovuje
----------------------	---	----------------------	---------------	----------

10.8.3.2. Posudek vaznice V1 ve čtvrtině rozvinuté délky obloukového rámu : oblast F - 1

- vaznice pootočena o úhel :

$$\alpha [^\circ] = 27$$

přepočtení stálého zatížení do směru y a z : $R_{stálé} = 1,330$ kNm

$$F_{y,stálé} = R_{stálé} \cdot \cos \alpha = 1,185 \text{ kNm}$$

$$F_{z,stálé} = R_{stálé} \cdot \sin \alpha = 0,604 \text{ kNm}$$

přepočet vlastní tíhy do směru y a z :

$$R_{vl.tiha} = 0,233 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y, vl.tiha} = R_{vl.tiha} \cdot \cos \alpha = 0,207 \quad \text{kNm}$$

$$F_{z, vl.tiha} = R_{vl.tiha} \cdot \sin \alpha = 0,106 \quad \text{kNm}$$

přepočet zatížení sněhem do směru y a z :

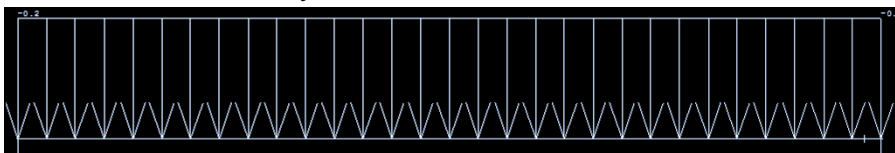
$$R_{snih} = 3,840 \quad \text{kNm}$$

$$F_{y, snih} = R_{snih} \cdot \cos \alpha = 3,421 \quad \text{kNm}$$

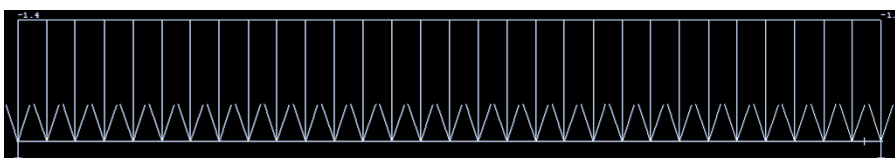
$$F_{z, snih} = R_{snih} \cdot \sin \alpha = 1,743 \quad \text{kNm}$$

Zatěžovací stavy pro směr y :

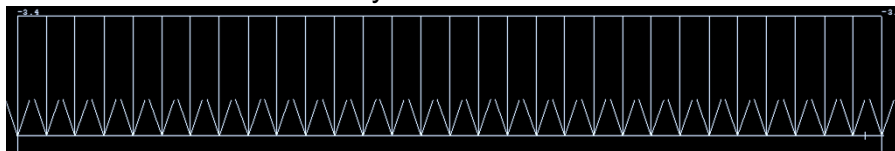
Vlastní tíha ve směru y



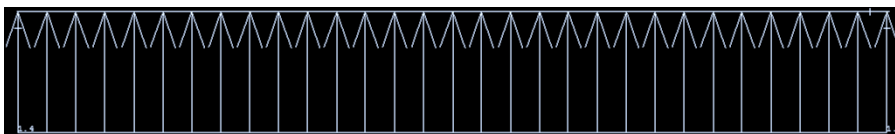
Stálé zatížení ve směru y



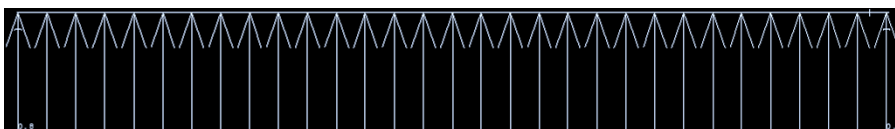
Zatížení sněhem ve směru y



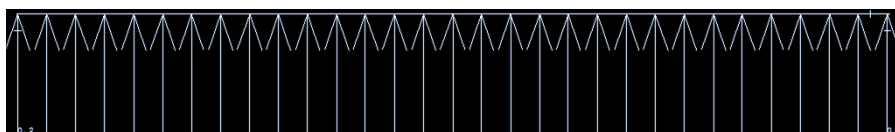
Zatížení příčným větrem ve směru y



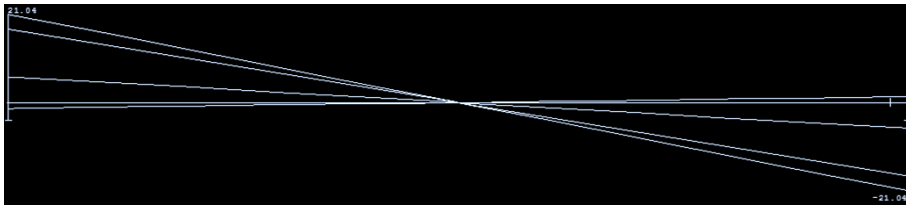
Zatížení podélným větrem č. 1 ve směru y



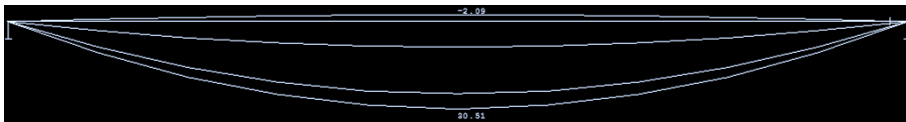
Zatížení podélným větrem č. 2 ve směru y



Průběh posouvajících sil ve směru y

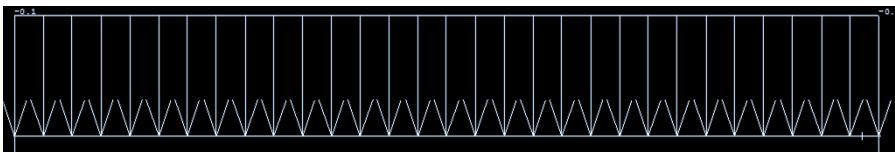


Průběh ohybových momentů ve směru y

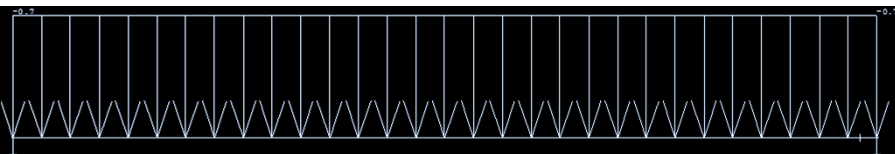


Zatěžovací stavy pro směr z :

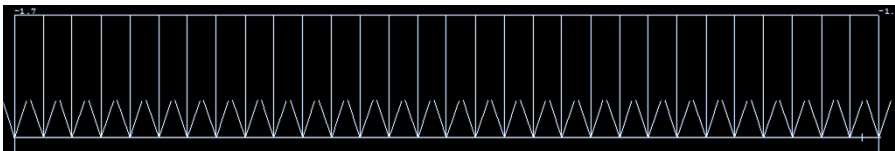
Vlastní tíha ve směru z



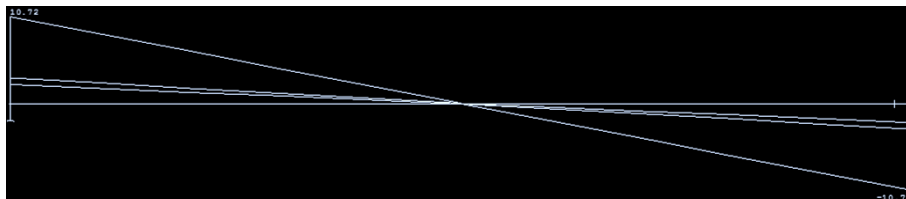
Stálé zatížení ve směru z



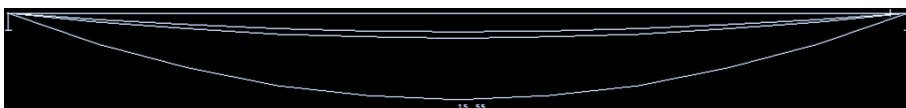
Zatížení sněhem ve směru z



Průběh posouvajících sil ve směru z



Průběh ohybových momentů ve směru z



Návrhová hodnota posouvající síly pro směr y :

$$V_{ED,y} = 21,04 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr y :

$$M_{ED,y} = 30,51 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota posouvající síly pro směr z :

$$V_{ED,z} = 10,72 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr z :

$$M_{ED,z} = 15,55 \text{ kN}$$

Průřezový modul :

$$w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,0039 \text{ m}^3$$

$$w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = 0,0023 \text{ m}^3$$

Průřezová plocha v místě podpory : $A = b_p \cdot h = 0,068 \text{ m}^2$

Posudek únosnosti v dvojosém ohybu :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED,y}}{W_y} = 7,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{ED,z}}{W_z} = 6,86 \text{ MPa}$$

součinitel pro obdélníkové průřezy z LLD : $k_m = 0,7$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,74	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,72	<	1,00	\Rightarrow	Vyhovuje
------	---	------	---------------	----------

10.8.3.3. Posudek vaznice V1 ve spodní části obloukového rámu : oblast A - 1

- vaznice potočena o úhel :

$$\alpha[^\circ] = 52$$

přepočítání stálého zatížení do směru y a z : $R_{stálé} = 1,330 \text{ kNm}$

$$F_{y,stálé} = R_{stálé} \cdot \cos \alpha = 0,819 \text{ kNm}$$

$$F_{z,stálé} = R_{stálé} \cdot \sin \alpha = 1,048 \text{ kNm}$$

přepočítání vlastní tíhy do směru y a z :

$$R_{vl.tíha} = 0,233 \text{ kNm}$$

$$F_{y,vl.tíha} = R_{vl.tíha} \cdot \cos \alpha = 0,143 \text{ kNm}$$

$$F_{z,vl.tíha} = R_{vl.tíha} \cdot \sin \alpha = 0,183 \text{ kNm}$$

přepočítání zatížení sněhem do směru y a z :

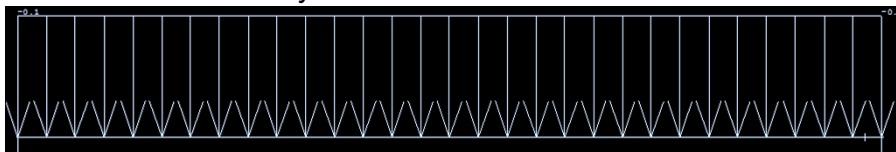
$$R_{sníh} = 3,840 \text{ kNm}$$

$$F_{y,sníh} = R_{sníh} \cdot \cos \alpha = 2,364 \text{ kNm}$$

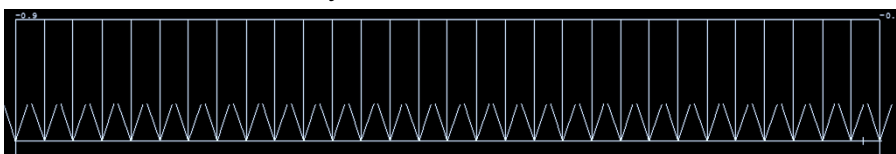
$$F_{z,sníh} = R_{sníh} \cdot \sin \alpha = 3,026 \text{ kNm}$$

Zatěžovací stavy pro směr y :

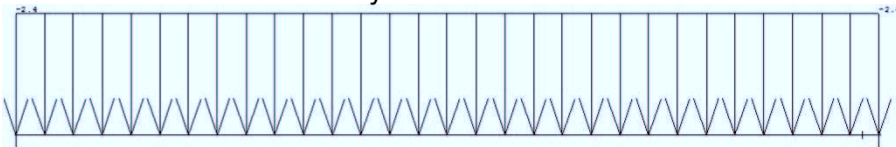
Vlastní tíha ve směru y



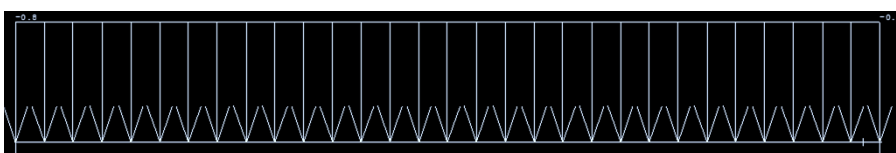
Stálé zatížení ve směru y



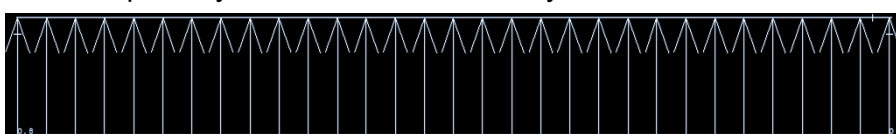
Zatížení sněhem ve směru y



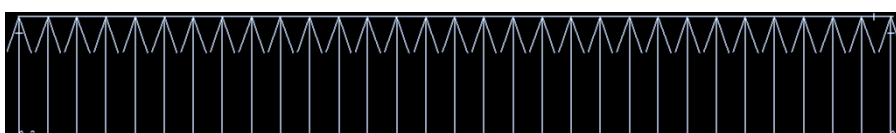
Zatížení příčným větrem ve směru y



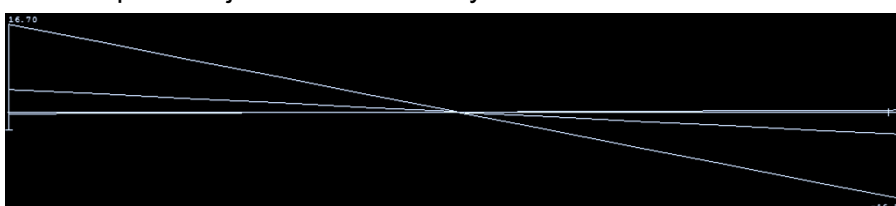
Zatížení podélným větrem č. 1 ve směru y



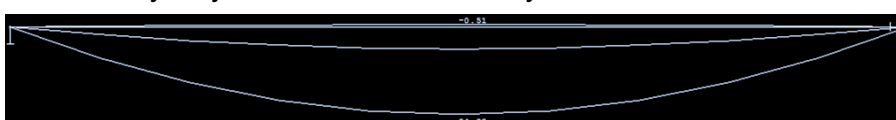
Zatížení podélným větrem č. 2 ve směru y



Průběh posouvajících sil ve směru y

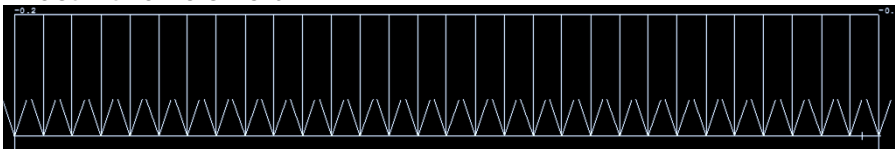


Průběh ohybových momentů ve směru y

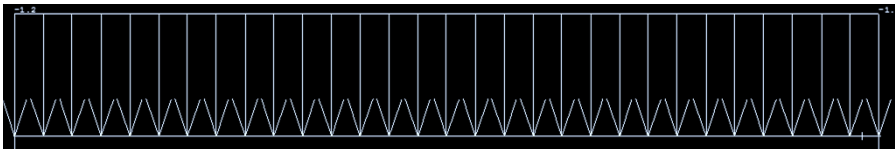


Zatěžovací stavy pro směr z :

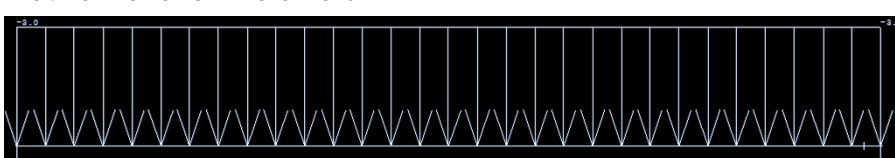
Vlastní tíha ve směru z



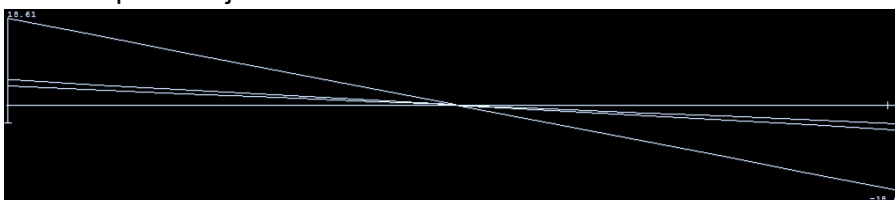
Stálé zatížení ve směru z



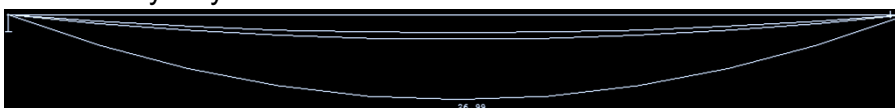
Zatížení sněhem ve směru z



Průběh posouvajících sil ve směru z



Průběh ohybových momentů ve směru z



Návrhová hodnota posouvající síly pro směr y :

$$V_{ED,y} = 16,7 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr y :

$$M_{ED,y} = 24,22 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota posouvající síly pro směr z :

$$V_{ED,z} = 18,61 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr z :

$$M_{ED,z} = 26,99 \text{ kN}$$

Průřezový modul :

$$w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,0039 \text{ m}^3$$

$$w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = 0,0023 \text{ m}^3$$

Průřezová plocha v místě podpory :

$$A = b_p \cdot h = 0,068 \text{ m}^2$$

Posudek únosnosti v dvojosém ohybu :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED,y}}{W_y} = 6,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{ED,z}}{W_z} = 11,91 \text{ MPa}$$

součinitel pro obdélníkové průřezy z LLD :

$$k_m = 0,7$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$0,85 < 1,00 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$0,94 < 1,00 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

10.9. Návrh a posudek spoje vaznice V1 s konstrukcí oblouku

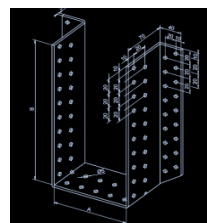
- použití statického třmenu BV/T 11-40, 200 x 240 mm, vyrobeného z ocelového plechu žárově pozinkovaného, jakosti S280GD+Z275, tloušťky 3 mm

ÚNOSNOSTI – HŘEBÍKY (44,0x60 mm, 44,0x70 mm)

2) Stanovení únosnosti hřebíků podle počtu F_{Rk}

výška B mm	počet HR ks	F_{Rk} kN	F_{Rk} kN	F_{Rk} kN
180	4	97,2	122,47	2,84
	6			4,26
	8			5,68
	10			7,10
	12			8,52
	14			9,94
	16			11,36
	18			12,78
	20			14,20
	22			15,62
	24			17,04
	26			18,46
200	28			19,88
	30			21,30
220	32			22,72
	34	97,2	135,59	24,14
240	36			25,56
	38	97,2	148,71	26,98
260	40			28,40
	42	97,2	161,84	29,82
280	44			31,24
	46	97,2	174,96	32,66
300	48			34,08
	50	97,2	188,08	35,50
320	52			36,92
	54	97,2	201,20	38,34
	56			39,76
340	58	97,2	214,32	41,18
	60			42,60

Z počtu hřebíků v jednotlivých pozicích dostáváme hřebíkovou únosnost F_{Rk} .
 Při počtu hřebíků větším než 10 v jedné řadě je jejich únosnost pouze 90%
 V tomto případě je vždy rozhodující sřizková únosnost hřebíků.
 Stejný počet hřebíků je do připevnění osovazovaného třmenu i do připevnění osazovaného třmenu
 (ve spoji je tedy vždy dvojnásobné množství hřebíků)



Návrh hřebíků :

počet kusů hřebíků :

$n = 44$ ks

průměr hřebíku :

$D = 4$ mm

délka hřebíku :

$L = 70$ mm

Stanovení únosnosti plechu dle výrobce BOVA Březnice, spol. s r.o. :

$$F_{UT} = 0,243 \cdot (36 + 65) \cdot 2 \cdot 2 = 97,20 \text{ kN}$$

$$F_{UT} = 97,20 \text{ kN} > V_{ED} = 23,36 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Stanovení únosnosti hřebíku dle tab. :

$$F_{HR} = 28,12 \text{ kN}$$

- více než 10 hřebíků v řadě :

$$F_{HR,osl} = 0,9 \cdot F_{HR} = 25,31 \text{ kN}$$

$$F_{HR,osl} = 25,31 \text{ kN} > V_{ED} = 23,36 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

10.10. Posudek únosnosti sendvičového panelu BROLLO RADIUS PGB-CTD5 :

maximální možné zatížení deklarované výrobcem : $G = 8,3 \text{ kN/m}^2$

zatížení působící na konstrukci :

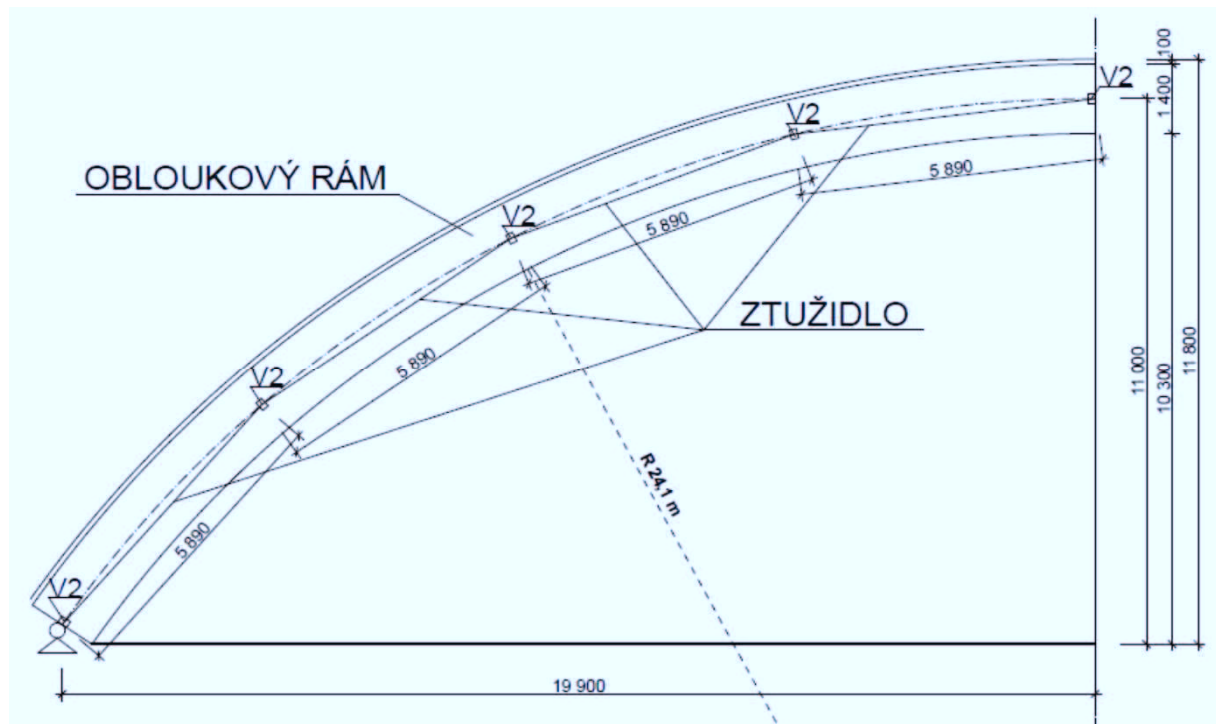
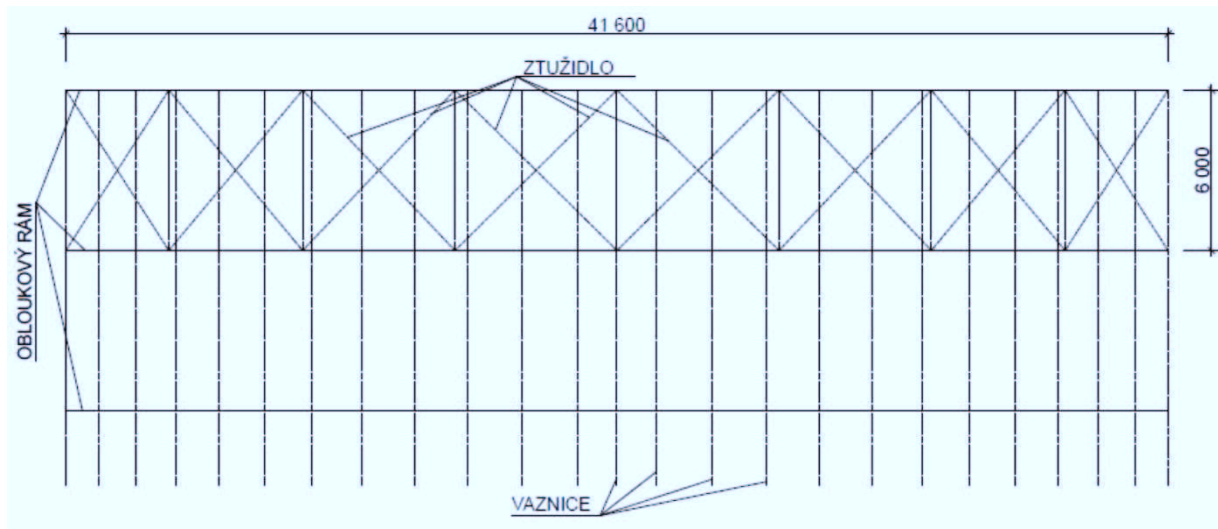
$$G_d = g_k \cdot 1,35 + q_k \cdot 1,5 + S_k \cdot 1,5 + w_k \cdot 1,5 = 4,34 \text{ kN/m}^2$$

$G = 8,30 \text{ kN/m}^2$	$>$	$G_d = 4,34 \text{ kN/m}^2$	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------------------	-----	-----------------------------	---------------	-----------------

10.11. Návrh a posudek ztužidel :

- zajištění příčné a torzní stability

Nákres rozmístění ztužidel na začátku a na konci haly:



10.11.1. Výpočet zatížení působícího na ztužidla :**Výpočet zatížení od tření větru o povrch konstrukce :**

součinitel tření větru :	$C_{fr} =$	0,04	
šířka objektu :	$b =$	41,8	m
výška objektu :	$h =$	11,8	m
délka objektu :	$L =$	60,2	m
délka pole jednoho ztužidla :	$L_z =$	5,890	m

vzdálenost plochy působení tření od kraje objektu :

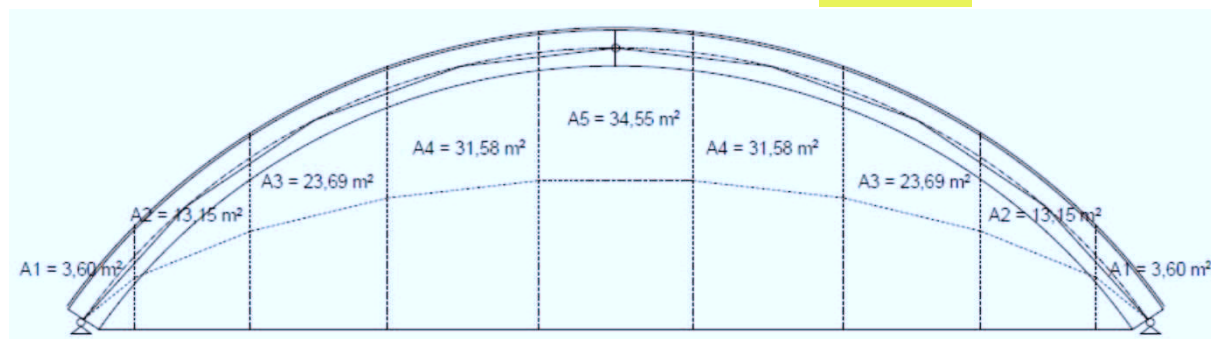
$$2 \cdot b = 83,6 \quad \text{m}$$

$$4 \cdot h = 47,2 \quad \text{m}$$

délka, na které působí tření větrem : $L - 4 \cdot h = 13 \quad \text{m}$ referenční plocha tření : $A_{fr} = L_z \cdot L - 4 \cdot h = 76,57 \quad \text{m}^2$ maximální charakteristický tlak : $q_{p(z)} = 0,575 \quad \text{kNm}^2$

celkové tření vzduchu o povrch konstrukce

$$F_{fr} = C_{fr} \cdot q_{p(z)} \cdot A_{fr} = 1,762 \quad \text{kN}$$

Výpočet zatížení od tlaku větru na povrch konstrukce :součinitel vnějšího tlaku : $C_{pe} = 0,8$ součinitel vnitřního tlaku : $C_{pi} = -0,3$ 

plocha působení tlaku :

$$A_1 = 3,6 \quad \text{m}^2$$

$$A_2 = 13,15 \quad \text{m}^3$$

$$A_3 = 23,69 \quad \text{m}^4$$

$$A_4 = 31,58 \quad \text{m}^5$$

$$A_5 = 34,55 \quad \text{m}^6$$

výpočet sil :

$$F_{k,n} = q_p(z) \cdot (c_{pe} - c_{pi}) \cdot A_n =$$

$$F_{k,1} = F_{k,9} = 2,28 \quad \text{kN}$$

$$F_{k,2} = F_{k,8} = 8,32 \quad \text{kN}$$

$$F_{k,3} = F_{k,7} = 14,99 \quad \text{kN}$$

$$F_{k,4} = F_{k,6} = 19,98 \quad \text{kN}$$

$$F_{k,5} = 21,86 \quad \text{kN}$$

Výpočet zatížení od sání větru :

součinitel vnějšího tlaku :

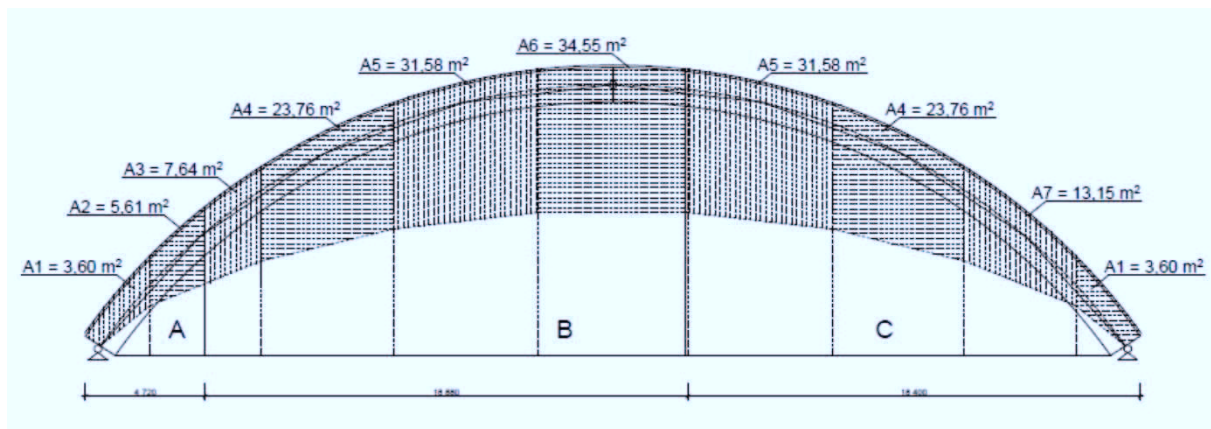
$$C_{pe,A} = -1,2$$

$$C_{pe,B} = -0,8$$

$$C_{pe,C} = -0,5$$

součinitel vnitřního tlaku :

$$C_{pi} = 0,2$$



plocha působení tlaku :

$$A_1 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 5,61 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 7,64 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 23,76 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 31,58 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 34,55 \text{ m}^2$$

$$A_7 = 13,15 \text{ m}^2$$

výpočet sil :

$$F_{k,s,1} = q_p(z) \cdot (c_{pe,A} - c_{pi}) \cdot A_1 = -2,90 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,2} = q_p(z) \cdot [(c_{pe,A} - c_{pi}) \cdot A_2 + (c_{pe,B} - c_{pi}) \cdot A_3] = -8,91 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,3} = q_p(z) \cdot (c_{pe,B} - c_{pi}) \cdot A_4 = -13,67 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,4} = q_p(z) \cdot (c_{pe,B} - c_{pi}) \cdot A_5 = -18,17 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,5} = q_p(z) \cdot (c_{pe,B} - c_{pi}) \cdot A_6 = -19,87 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,6} = q_p(z) \cdot (c_{pe,C} - c_{pi}) \cdot A_5 = -12,72 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,7} = q_p(z) \cdot (c_{pe,C} - c_{pi}) \cdot A_4 = -9,57 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,8} = q_p(z) \cdot (c_{pe,C} - c_{pi}) \cdot A_7 = -5,30 \text{ kN}$$

$$F_{k,s,9} = q_p(z) \cdot (c_{pe,C} - c_{pi}) \cdot A_1 = -1,45 \text{ kN}$$

Výpočet zatížení od vnitřního zatížení rámové konstrukce :

návrhová tlaková síla v prvku :	$N_d =$	903,99	kN
počet rovnoběžných prvků soustavy :	$n =$	11	
výška rámu :	$h_r =$	11	m
rozpětí rámu :	$l =$	39,8	m
modifikační součinitel :	$k_{f,2} =$	80	

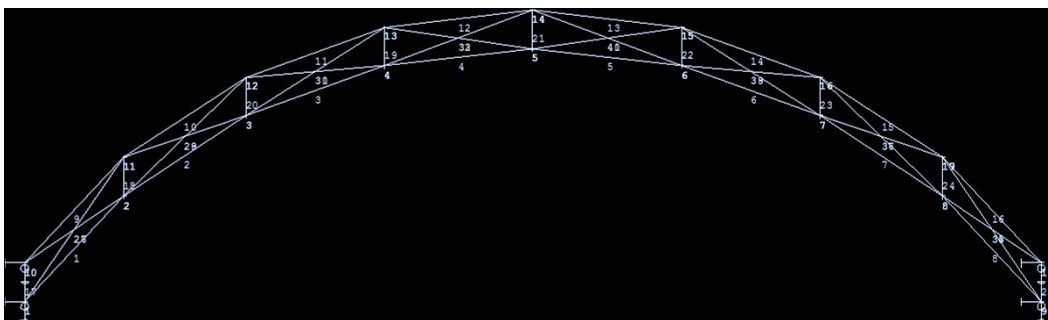
$$k_l = \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{\frac{15}{l}}} \right\} = \begin{vmatrix} 1 \\ 0,614 \end{vmatrix}$$

$$k_l = 0,614$$

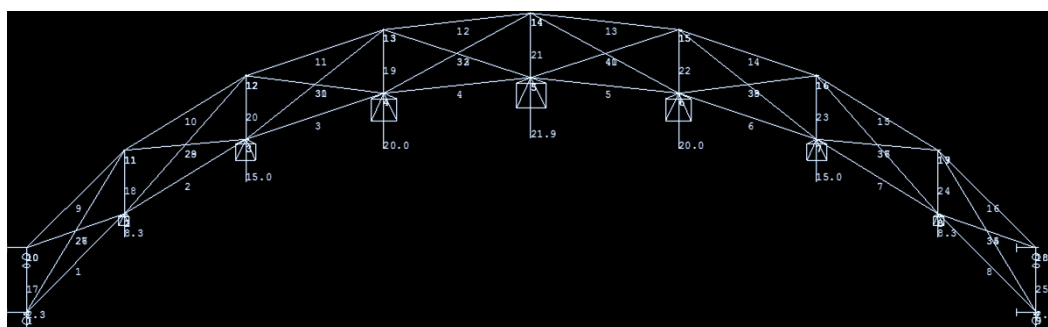
výsledné vnitřní stabilizující zatížení :

$$F_{qd} = k_l \cdot \left(n \cdot \frac{N_d}{k_{f,2} \cdot l} \right) \cdot L_z = 11,29 \quad \text{kNm}$$

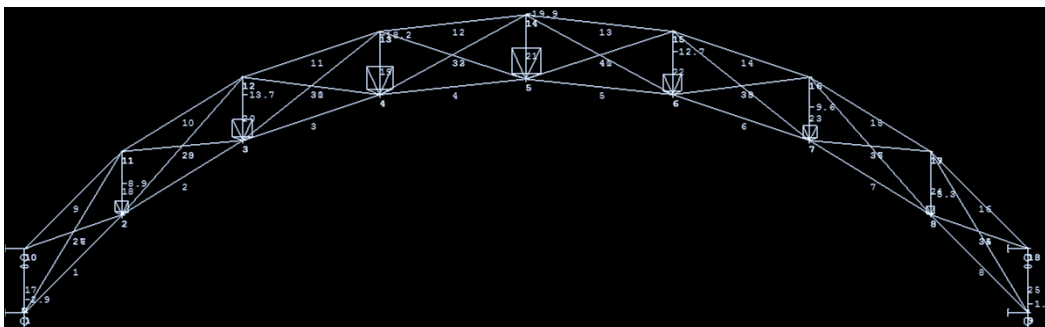
zatěžovací model :



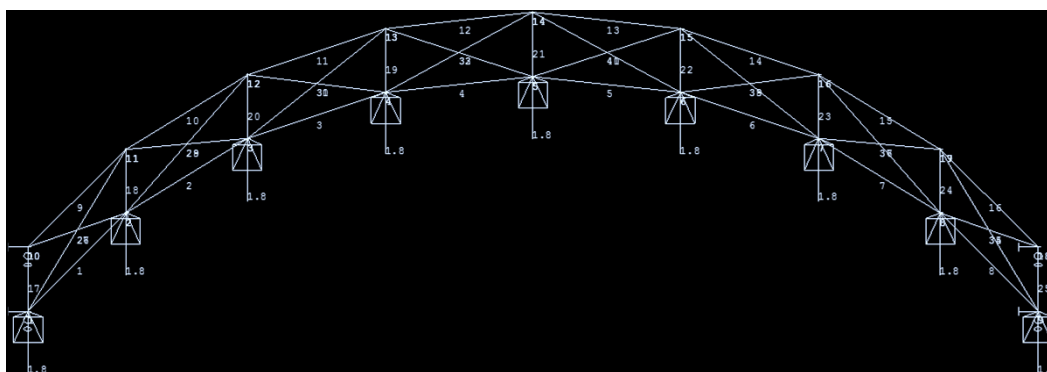
zatížení tlakem větru z čela konstrukce (výběrová skupina) :



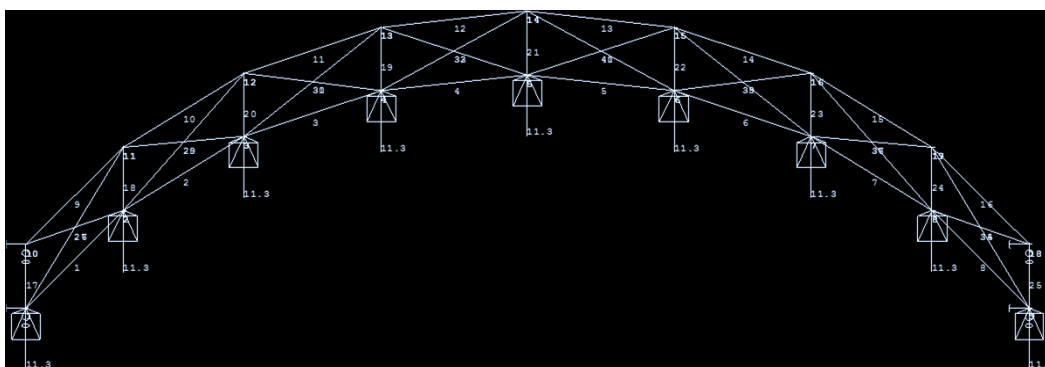
zatížení sáním větru z čela konstrukce (výběrová skupina) :



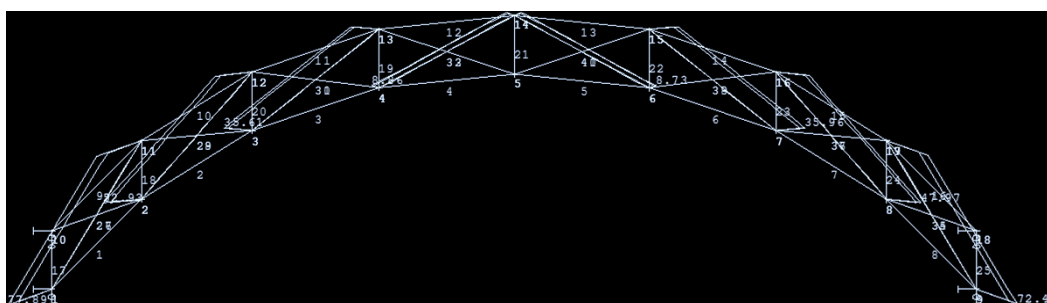
zatížení třením větru o konstrukci :



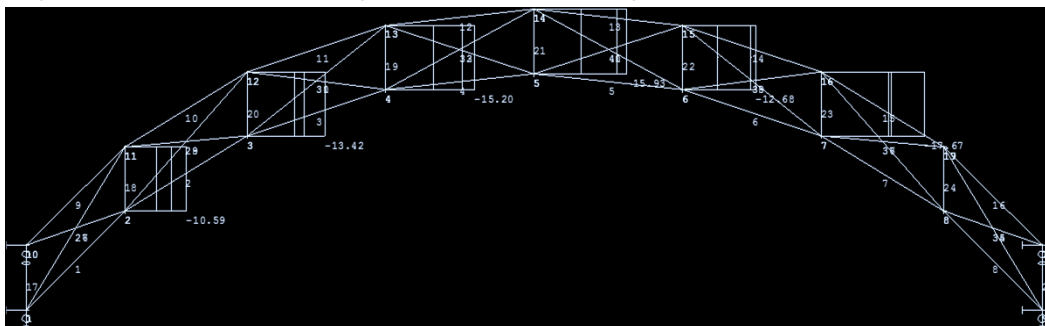
zatížení vnitřním stabilizujícím zatížením konstrukce :



výsledná návrhová síla nejvíce zatíženého ztužidla (při kombinaci s tlakem větru):



výsledná návrhová síla nejvíce zatížené rozpěry :



10.11.2. Návrh a posudek nejvíce zatíženého ztužidla : oblast A až C - 1

návrhová osová síla rozpěry : $H = -17,67$ kN

návrhová osová síla ve ztužidlu : $N_z = 77,89$ kN

rozměry ztužujícího pole : $v_z = 6$ m

$L_z = a = 5,89$ m

úhel působení ztužidla : $\beta = \arctg \frac{a}{v_z} = 44,47^\circ$

údaje o ztužidlu :

ocel S235 : $f_y = 235$ MPa

$f_u = 360$ MPa

průměr ztužidla : $d_z = 24$ mm

tloušťka styčnickového plechu : $t_p = 8$ mm

redukovaná průřezová plocha ztužidla :

$$A_z = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot d_z^2}{4} = 361,91 \text{ mm}^2$$

součinitel bezpečnosti : $\gamma_{M0} = 1$

únosnost ztužidla v tahu : $N_{pl,Rd} = \frac{f_y \cdot A_z}{\gamma_{M0}} = 85,05$ kN

Posudek únosnosti ztužidla v tahu

$N_{pl,Rd} = 85,05$ MPa	>	$N_z = 77,89$ kN	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------------------	---	------------------	---------------	----------

Návrh a posudek rozpěrného profilu vaznice V2 : oblast R - 1

- rostlé dřevo C24

rozpětí : $L = 5,8$ m

výška průřezu : $h = 0,20$ m

šířka průřezu : $b = 0,14$ m

materiálové charakteristiky :

pevnost v ohybu :	$f_{m,k} =$	24	MPa
pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny :	$f_{t,0,k} =$	14	MPa
pevnost v tahu kolmo k vláknům :	$f_{t,90,k} =$	0,4	MPa
pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny :	$f_{c,0,k} =$	21	MPa
pevnost v tlaku kolmo na vlákna :	$f_{c,90,k} =$	2,5	MPa
pevnost ve smyku :	$f_{v,k} =$	4	MPa
modul pružnosti rovnoběžně s vlákny :	$E_{0,mean} =$	11000	MPa
hustota :	$\rho_k =$	350	kg/m ³
průměrná hodnota hustoty :	$\rho_{mean} =$	420	kg/m ³
třída provozu 1	$k_{mod} =$	0,8	
	$k_m =$	0,7	
součinitel vlastností materiálu	$\gamma_M =$	1,3	

návrhová únosnost v ohybu :

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = 14,77 \text{ MPa}$$

návrhová únosnost v tlaku :

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 12,92 \text{ MPa}$$

Vlastní tíha vaznice V2**gk [kN/m]**

Dřevěná vaznice z C 24 (0,14 x 0,20 m) co 5,89 m, 500 kg/m ³	0,09
--	------

přepočet vlastní tíhy do směru y a z :- vaznice nakloněna v závislosti na střešní rovinu o úhlu $\alpha [^\circ] = 14$

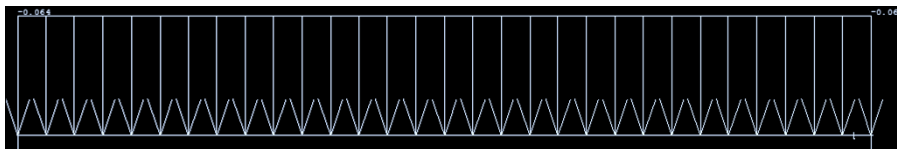
$$R_{vl.tiha} = 0,09 \text{ kNm}$$

$$F_{y, vl.tiha} = R_{vl.tiha} \cdot \cos \alpha = 0,09 \text{ kNm}$$

$$F_{z, vl.tiha} = R_{vl.tiha} \cdot \sin \alpha = 0,02 \text{ kNm}$$

Zatěžovací stavy pro směr y :

Vlastní tíha ve směru y

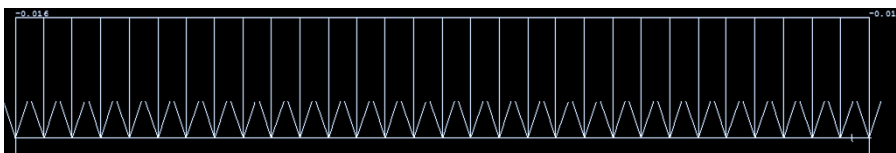


ohybový moment ve směru y



Zatěžovací stavy pro směr z :

Vlastní tíha ve směru z



ohybový moment ve směru z

**Posudek mezního stavu únosnosti vaznice V2**Návrhová hodnota ohybového momentu pro směr y : $M_{ED,y} = 0,36$ kNmNávrhová hodnota ohybového momentu pro směr z : $M_{ED,z} = 0,09$ kNmPrůřezový modul : $w_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,0009$ m³ $w_z = \frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2 = 0,0007$ m³Průřezová plocha v místě podpory : $A = b \cdot h = 0,028$ m²**Posudek únosnosti v kombinaci tlaku a ohybu :**

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ED,y}}{W_y} = 0,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{ED,z}}{W_z} = 0,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{H}{A} = 0,63 \text{ MPa}$$

součinitel pro obdélníkové průřezy z RD : $k_m = 0,7$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,08	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

0,07	<	1,00	⇒	Vyhovuje
------	---	------	---	----------

Návrh a posudek svorníku pro připojení ztužidla k vaznici :

pevnostní třída 8.8

pevnost šroubu :

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

průřezová plocha jednoho šroubu :

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

průměr šroubu :

$$d = 20 \text{ mm}$$

počet šroubů :

$$n = 4 \text{ ks}$$

osové vzdálenosti mezi šrouby :

$$e_1 = 80 \text{ mm}$$

$$e_2 = 60 \text{ mm}$$

$$p_1 = 100 \text{ mm}$$

$$p_2 = 80 \text{ mm}$$

průměr otvoru pro šroub :

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

součinitel bezpečnosti :

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\alpha_V = 0,5$$

Posudek otláčení vaznice V1 od svorníku

vzdálenosti svorníku od okrajů :

$$a_{3,c} = 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } a_{3,c} = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4 \cdot d = 80$$

$$\text{návrh : } a_2 = 80 \text{ mm}$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) \cdot d = 60 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } a_1 = 100 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } a_{4,c} = 60 \text{ mm}$$

přepočet N_z do svislé a vodorovné složky:

$$F_v = \sin \beta \cdot N_z = 54,56 \text{ kN}$$

návrhová složka vodorovné síly :

$$F_{v,ED} = \frac{F_v}{n} = 13,64 \text{ kN}$$

$$F_h = \cos \beta \cdot N_z = 55,58 \text{ kN}$$

návrhová složka svislé síly :

$$F_{h,ED} = \frac{F_h}{n} = 13,90 \text{ kN}$$

plastický moment únosnosti jednoho svorníku :

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm}$$

normálová síla působí rovnoběžně s vlákny :

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 20,09 \text{ MPa}$$

šířka vaznice :

$$t_2 = 140 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 22501 \text{ N} \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} = 24812 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$F_{V,Rk} = 22501 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 13847 \text{ N}$$

$F_{v,ED} =$	13,64 kN	$<$	$F_{v,RD} =$	13,85 kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	-----------------	-----	--------------	-----------------	---------------	-----------------

Posudek otlačení vazníku od svorníku

plastický moment únosnosti jednoho svorníku :

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 579281 \text{ Nmm}$$

normálová síla působí rovnoběžně s vlákny :

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 21,81 \text{ MPa}$$

$$\text{šířka vazníku : } t_2 = 200 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 34899 \text{ N} \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} = 25854 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$F_{V,Rk} = 25854 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 18615 \text{ N}$$

$F_{h,ED} =$	13,90 kN	$<$	$F_{v,RD} =$	18,61 kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	-----------------	-----	--------------	-----------------	---------------	-----------------

Posudek únosnosti svorníku ve stříhu

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 78,40 \text{ kN}$$

$F_{h,ED} =$	13,90 kN	$<$	$F_{v,RD} =$	78,40 kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	-----------------	-----	--------------	-----------------	---------------	-----------------

Návrh a posudek plechu pro připojení ztužidla k vaznici V1 :

návrh plechu : P10 - na výšku 200 mm

pevnost plechu - ocel S235 :

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

šířka plechu :

$$b_p = 200 \text{ mm}$$

tloušťka stěny plechu :

$$t_p = 10 \text{ mm}$$

Posudek otláčení plechu pro připojení ztužidla k vaznici V1 :

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \left| \begin{array}{l} 1,0 \\ 2,222 \\ 1,212 \\ 0,962 \end{array} \right|$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \end{array} \right\} = \left| \begin{array}{l} 2,5 \\ 5,936 \end{array} \right|$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = 138,55 \text{ kN}$$

$F_{v,ED} =$	13,90 kN	<	$F_{b,Rd} =$	138,55 kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	-----------------	-------------	--------------	------------------	---------------------------------	-----------------

Návrh a posudek ztužidlového a styčnickového plechu :

návrhová síla ve ztužidlu :	$N_z =$	77,89	kN
tloušťka ztužidlového plechu :	$t_p =$	8	mm
šířka ztužidlového plechu :	$b_p =$	100	mm
velikost otvoru pro zachycení ztužidla :	$d_0 =$	22	mm
návrh plechu : ocel S235			
pevnostní charakteristiky :	$f_y =$	235	MPa
	$f_u =$	360	MPa

Návrh svorníku pro připojení ztužidla k ztužidlovému plechu :

pevnostní třída 8.8			
pevnost šroubu :	$f_{yb} =$	640	MPa
	$f_{ub} =$	800	MPa
průřezová plocha jednoho šroubu :	$A_s =$	245	mm ²
průměr šroubu :	$d =$	20	mm
počet šroubů :	$n =$	1	ks
osové vzdálenosti mezi šrouby :	$e_1 =$	50	mm
	$e_2 =$	50	mm
	$p_1 =$	70	mm
	$p_2 =$	70	mm
	$d_0 =$	22	mm
průměr otvoru pro šroub :	$d_0 =$	22	mm
součinitel bezpečnosti :	$\gamma_{M2} =$	1,25	
	$\alpha_v =$	0,5	

Posudek únosnosti svorníkového a styčnickového plechu v otláčení :

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 1,0 \\ 2,222 \\ 0,758 \\ 0,811 \end{array}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 2,5 \\ 4,7 \end{array}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = 87,27 \quad \text{kN}$$

$$N_{z,ED} = \frac{N_z}{n} = 77,89 \quad \text{kN}$$

$N_{z,ED} = 77,89 \quad \text{kN}$	$<$	$F_{b,Rd} = 87,27 \quad \text{kN}$	\Rightarrow	Vyhovuje
------------------------------------	-----	------------------------------------	---------------	-----------------

Posudek únosnosti svorníku ve stříhu

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 78,40 \quad \text{kN}$$

$N_{z,ED} = 77,89 \quad \text{kN}$	$<$	$F_{V,Rd} = 78,40 \quad \text{kN}$	\Rightarrow	Vyhovuje
------------------------------------	-----	------------------------------------	---------------	-----------------

Posudek únosnosti ztužidlového plechu v tahu :

$$A = (b_p - d_0) \cdot t_p = 624 \quad \text{mm}^2$$

$$N_{pL,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 146,64 \quad \text{kN}$$

$N_z = 77,9 \quad \text{kN}$	$<$	$N_{pL,Rd} = 146,64 \quad \text{kN}$	\Rightarrow	Vyhovuje
------------------------------	-----	--------------------------------------	---------------	-----------------

Posudek svarového přípoje styčnickového plechu k svislému plechu

síly vznikající ve svaru :

$$F_v = 54,56 \quad \text{kN}$$

$$F_h = 55,58 \quad \text{kN}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = 3 \quad \text{mm}$$

návrh délky svaru :

$$h_d = b_p - t_p = 190 \quad \text{mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$h_d = 190 \quad \text{mm}$	$>$	$6 \cdot a = 18 \quad \text{mm}$	\Rightarrow	Vyhovuje
-----------------------------	-----	----------------------------------	---------------	-----------------

$h_d =$	190	mm	>	30	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	-----------	-------------	-----------	-----------	---------------------------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{F_v}{a \cdot 2 \cdot h_d} = 47,86 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_h}{2 \cdot a \cdot h_d} = 48,76 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 127,99 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

127,99	MPa	<	360,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------	------------	-------------	---------------	------------	---------------------------------	-----------------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} =$	48,76	MPa	<	288,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------------	--------------	------------	-------------	---------------	------------	---------------------------------	-----------------

Posudek svarového přípoje ztužidla k ztužidlovému plechu

síly vznikající ve svaru :

$$N_z = 77,89 \text{ kN}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = 3 \text{ mm}$$

návrh délky svaru :

$$h_d = 100 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$h_d =$	100	mm	>	$6 \cdot a =$	18	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	-----------	-------------	---------------	-----------	-----------	---------------------------------	-----------------

$h_d =$	100	mm	>	30	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	-----------	-------------	-----------	-----------	---------------------------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{N_z}{a \cdot 2 \cdot h_d} = 129,82 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_{\perp} = 0,00 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 224,85 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

224,85	MPa	<	360,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------	------------	-------------	---------------	------------	---------------------------------	-----------------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} =$	0,00	MPa	<	288,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------------	-------------	------------	-------------	---------------	------------	---------------------------------	-----------------

10.12. Návrh a posudek kloubového spoje v uložení oblouku

maximální posouvající síla :	$V_{ED,max} =$	-103,34	kN
příslušná normálová síla :	$N_{ED,př} =$	-893,73	kN
maximální normálová síla :	$N_{ED,max} =$	-895,13	kNm
příslušná posouvající síla :	$V_{ED,př} =$	-102,32	kN
maximální kladná normálová síla :	$N_{ED,max}^+ =$	14,56	kN
maximální posouvající síla :	$V_{ED,max} =$	-5,41	kN

návrh čelní desky :

pevnost oceli :	$f_{yd} =$	355	MPa
	$f_u =$	510	MPa
výška čelní desky :	$h_d =$	1	m
šířka čelní desky :	$b_d =$	0,2	m
tloušťka čelní desky :	$t_d =$	0,02	m
tloušťka vnitřní desky :	$t_{dv} =$	0,016	m

Posudek otlačení čela dřeva přípoje

plocha otlačení :	$A_d = h_d \cdot b_d =$	0,2	m ²
napětí v tlaku :	$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,max}}{A_d} =$	4,48	MPa

$\sigma_{c,0,d} =$	4,48	MPa	<	$f_{c,0,d} =$	17,28	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------------	------	-----	---	---------------	-------	-----	---------------	----------

Posudek otlačení dřeva od svorníku

Návrh svorníkového spoje :

třída svorníku 6.8 :			
výpočtová pevnost svorníku :	$f_{u,k} =$	600	MPa
průměr svorníku :	$d =$	20	mm
počet kusů :	$n =$	10	ks
působící excentricita :	$e =$	350	mm
minimální rozteč :	$a_2 = 4 \cdot d =$	80	mm
	návrh :	220	mm
	$a_1 = (4 + \cos \alpha) \cdot d =$	80	
	návrh :	100	mm
vzdálenost od čelní strany :			
	$a_{3,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} (6 + \sin \alpha) \cdot d \\ 4 \cdot d \end{array} \right\} =$	140	mm
	návrh :	150	mm
vzdálenost od kraje :	$a_{4,c} = 3 \cdot d =$	60	mm
	návrh :	60	mm

Zatížení jednoho svorníku :

$$F_v = \frac{V_{ED, \max}}{n} = 10,33 \quad \text{kN}$$

$$V_{ED, \max} \cdot e = 4 \cdot F_h \cdot 2a_2 + 4 \cdot F_h \cdot a_2 \Rightarrow F_h = \frac{V_{ED, \max} \cdot e}{12a_2} = 13,70 \quad \text{kN}$$

$$F_{v, ED} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 17,16 \quad \text{kN}$$

plastický moment únosnosti jednoho svorníku :

$$M_{y, Rk} = 0,3 \cdot f_{u, k} \cdot d^{2,6} = 434460,7 \quad \text{Nmm}$$

normálová síla ve vrcholu působí rovnoběžně s vlákny

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,65$$

$$f_{h, 2, k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 21,81 \quad \text{MPa}$$

$$f_{h, 1, k} = \frac{f_{h, 2, k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 13,22 \quad \text{MPa}$$

$$t_1 = 92 \quad \text{mm}$$

$$F_{v, Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h, 1, k} \cdot t_1 \cdot d = 24324 \quad \text{N} \\ f_{h, 1, k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y, Rk}}{f_{h, 1, k} \cdot d \cdot t_1^2}} \right] = 40531 \quad \text{N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y, Rk} \cdot f_{h, 1, k} \cdot d} = 24650 \quad \text{N} \end{array} \right\}$$

$$F_{v, Rk} = 24324 \quad \text{N}$$

$$F_{v, Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{v, Rk}}{\gamma_M} = 17513 \quad \text{N}$$

$F_{v, ED} = 17,16 \quad \text{kN}$	$<$	$F_{v, Rd} = 17,51 \quad \text{kN}$	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------------------------------	-----	-------------------------------------	---------------	-----------------

Posudek únosnosti svorníku ve střihu

charakteristické pevnosti svorníku :

$$f_{ub} = 600 \quad \text{MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \quad \text{MPa}$$

charakteristické pevnosti oceli :

$$f_u = 510 \quad \text{MPa}$$

plocha svorníku :

$$A_s = 245 \quad \text{mm}^2$$

$$\alpha_v = 0,6$$

vzdálenosti svorníků od kraje desky :

$$e_1 = 150 \quad \text{mm}$$

$$e_2 = 60 \quad \text{mm}$$

osové vzdálenosti svorníků :

$$p_1 = 220 \quad \text{mm}$$

průměr otvoru pro šroub :

$$d_0 = 22 \quad \text{mm}$$

součinitel bezpečnosti :

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 75,264 \text{ kN}$$

$F_{V,ED} =$	17,2 kN	<	$F_{V,Rd} =$	75 kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	----------------	---	--------------	--------------	---------------	-----------------

Posudek otláčení styčnickového plechu od svorníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 1,0 \\ 1,176 \\ 2,273 \\ 3,083 \end{array}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 2,5 \\ 5,94 \end{array}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_{dv}}{\gamma_{M2}} = 326,4 \text{ kN}$$

$F_{V,ED} =$	17,2 kN	<	$F_{B,Rd} =$	326 kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	----------------	---	--------------	---------------	---------------	-----------------

Posudek svarového přípoje styčnickového plechu k patnímu plechu

posouvající síla vznikající ve svaru :

$$V_{ED,max} = -103,34 \text{ kN}$$

působící excentricita :

$$e = 160 \text{ mm}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,9$$

h=	500 mm	>	6 · a=	24 mm	\Rightarrow	Vyhovuje
----	---------------	---	--------	--------------	---------------	-----------------

h=	500 mm	>	30 mm	\Rightarrow	Vyhovuje
----	---------------	---	--------------	---------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed,max}}{a \cdot 2 \cdot h_d} = 12,92 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_w = \frac{V_{Ed,max} \cdot e}{2 \cdot \frac{a \cdot h_d^2}{6}} = 12,40 \text{ MPa}$$

rovina nebezpečného průřezu :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_w \cdot \cos 45^\circ = 8,77 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 28,43 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 453,33 \text{ MPa}$$

28,43 MPa	<	453,33 MPa	⇒	Vyhovuje
-----------	---	------------	---	----------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 408,00 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} = 8,77 \text{ MPa}$	<	408,00 MPa	⇒	Vyhovuje
-------------------------------------	---	------------	---	----------

Návrh čepu

návrhová tlaková síla :

součinitel bezpečnosti :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED, \max}^2 + V_{ED, p\check{r}}^2} = 900,96 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,9$$

návrh plechu : ocel S355

pevnostní charakteristiky :

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

návrh čepu : 8.8

pevnostní charakteristiky :

$$f_{y,p} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{u,p} = 800 \text{ MPa}$$

návrh tloušťky plechu :

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 35,3 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } t_1 = 36 \text{ mm}$$

$$t_2 = 2 * 20 \text{ mm}$$

$$t_3 = 2 \text{ mm}$$

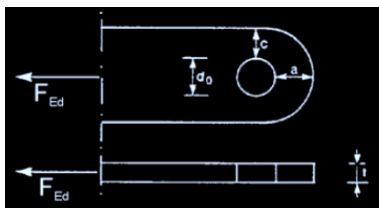
vzdálenost mezi plechy :

návrh průměru čepu :

$$d \leq 2,5 \cdot t = 90 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } d = d_0 = 60 \text{ mm}$$

geometrie průřezu :



$$a \geq \frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = 75,25 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } a = 80 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 55,25 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } c = 60 \text{ mm}$$

plocha průřezu čepu :

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2827 \text{ mm}^2$$

únosnost čepu ve střihu :

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \frac{A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = 1085,7 \quad \text{kN}$$

$F_{v,Rd} =$	1085,7	kN	>	$F_{ED} =$	900,96	kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	---------------	----	---	------------	---------------	----	---------------	-----------------

únosnost čepu a plechu v otláčení :

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t_1 \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1150,2 \quad \text{kN}$$

$F_{b,Rd} =$	1150,2	kN	>	$F_{ED} =$	900,96	kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	---------------	----	---	------------	---------------	----	---------------	-----------------

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot 2 \cdot t_2 \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1278,0 \quad \text{kN}$$

$F_{b,Rd} =$	1278,0	kN	>	$F_{ED} =$	901,0	kN	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	---------------	----	---	------------	--------------	----	---------------	-----------------

únosnost čepu v ohybu :

$$M_{ED} = \frac{F_{ED}}{8} \cdot (t_1 + 2 \cdot t_2 + 4 \cdot t_3) = 9,5 \quad \text{kNm}$$

modul průřezu čepu :

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 21206 \quad \text{mm}^3$$

$$M_{RD} = 1,5 \cdot W_0 \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{M0}} = 20,4 \quad \text{kNm}$$

$M_{RD} =$	20,4	kNm	>	$M_{ED} =$	9,5	kNm	\Rightarrow	Vyhovuje
------------	-------------	-----	---	------------	------------	-----	---------------	-----------------

Posudek svarového přípoje desky t_1 k patnímu plechu

posouvající síla vznikající ve svaru :

$$V_{ED,max} = 103,34 \quad \text{kN}$$

působící excentricita :

$$e = 140 \quad \text{mm}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = 4 \quad \text{mm}$$

$h_d =$	500	mm	>	$6 \cdot a =$	24	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	---------------	-----------	----	---------------	-----------------

$h_d =$	500	mm	>	30	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	-----------	----	---------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed,max}}{a \cdot 2 \cdot h_d} = 25,84 \quad \text{MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_w = \frac{V_{Ed,max} \cdot e}{2 \cdot \frac{a \cdot h_d^2}{6}} = 43,4 \quad \text{MPa}$$

rovina nebezpečného průřezu :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_w \cdot \cos 45^\circ = 30,69 \quad \text{MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 75,96 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 453,33 \text{ MPa}$$

75,96 MPa	<	453,33 MPa	⇒	Vyhovuje
-----------	---	------------	---	----------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 408 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} = 30,69 \text{ MPa}$	<	408,00 MPa	⇒	Vyhovuje
--------------------------------------	---	------------	---	----------

Posudek svarového přípoje desek t_2 k patnímu plechu

posouvající síla vznikající ve svaru :

$$V_{ED,n} = \frac{V_{ED,\max}}{2} = 51,67 \text{ kN}$$

působící excentricita :

$$e = 140 \text{ mm}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = 4 \text{ mm}$$

$h_d = 500 \text{ mm}$	>	$6 \cdot a = 24 \text{ mm}$	⇒	Vyhovuje
------------------------	---	-----------------------------	---	----------

$h_d = 500 \text{ mm}$	>	30 mm	⇒	Vyhovuje
------------------------	---	-------	---	----------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed,n}}{a \cdot h_d} = 25,84 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_w = \frac{V_{Ed,n} \cdot e}{\frac{a \cdot h_d^2}{6}} = 43,4 \text{ MPa}$$

rovina nebezpečného průřezu :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_w \cdot \cos 45^\circ = 30,69 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 75,96 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 453,33 \text{ MPa}$$

75,96 MPa	<	453,33 MPa	⇒	Vyhovuje
-----------	---	------------	---	----------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 408 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} = 30,69 \text{ MPa}$	<	408,00 MPa	⇒	Vyhovuje
--------------------------------------	---	------------	---	----------

Návrh a posudek kotevních šroubů :**Návrh svorníku : M 20, 6.8**

charakteristické pevnosti svorníku :	$f_{ub} =$	600	MPa
	$f_{yb} =$	640	MPa
charakteristické pevnosti oceli :	$f_u =$	510	MPa
tloušťka patního plech :	$t_{dv} =$	20	mm
plocha svorníku :	$A_s =$	254	mm ²
	$\alpha_v =$	0,6	
vzdálenosti svorníků od kraje desky :	$e_1 =$	100	mm
	$e_2 =$	100	mm
osové vzdálenosti svorníků :	$p_1 =$	400	mm
	$p_2 =$	600	mm
průměr otvoru pro šroub :	$d_0 =$	22	mm
počet šroubů :	$n =$	4	
působící excentricita :	$e =$	160	mm
součinitel bezpečnosti :	$\gamma_{M2} =$	1,25	
	$\gamma_{M0} =$	1,00	

Zatížení jednoho svorníku :

$$F_v = \frac{V_{ED, \max}}{n} = 25,84 \text{ kN}$$

$$V_{ED, \max} \cdot e = 2 \cdot F_h \cdot \frac{p_2}{2} + 2 \cdot F_h \cdot \frac{p_2}{2} \Rightarrow F_h = \frac{V_{ED, \max} \cdot e}{2p_2} = 13,78 \text{ kN}$$

$$F_{v, ED} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 29,28 \text{ kN}$$

Posudek svorníku na přetržení :

$$F_{t, Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M0}} = 97,54 \text{ kN}$$

$F_{v, ED} =$	17,2	kN	<	$F_{t, Rd} =$	97,5	kN	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------	------	----	---	---------------	------	----	---------------	----------

Posudek otláčení patního plechu od svorníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \left| \begin{array}{l} 1,0 \\ 1,176 \\ 1,515 \\ 5,811 \end{array} \right|$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \end{array} \right\} = \left| \begin{array}{l} 2,5 \\ 11,03 \end{array} \right|$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_{dv}}{\gamma_{M2}} = 408 \quad \text{kN}$$

$F_{V,ED} =$	17,2	kN	<	$F_{B,Rd} =$	408	kN	⇒	Vyhovuje
--------------	-------------	----	---	--------------	------------	----	---	-----------------

Návrh a posudek ŽB patky

- není součástí diplomové práce
- předběžný návrh beton C 35/45

10.13. Návrh a posudek kloubového spoje ve vrcholu oblouku

maximální posouvající síla :	$V_{ED,max} =$	39,82	kN
příslušná normálová síla :	$N_{ED,př} =$	-325,24	kN
maximální normálová síla :	$N_{ED,max} =$	-612,73	kNm
příslušná posouvající síla :	$V_{ED,př} =$	19,04	kN
maximální kladná normálová síla :	$N_{ED,max}^+ =$	14,46	kN
maximální posouvající síla :	$V_{ED,max} =$	-6,22	kN

návrh čelní desky :

pevnost oceli :	$f_{yd} =$	235	MPa
výška čelní desky :	$h_d =$	0,8	m
šířka čelní desky :	$b_d =$	0,2	m
tloušťka čelní desky :	$t_d =$	0,02	m
tloušťka vnitřní desky :	$t_{dv} =$	0,016	m

Posudek otlačení čela dřeva přípoje

plocha otlačení :	$A_d = h_d \cdot b_d =$	0,16	m ²
napětí v tlaku :	$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED,max}}{A_d} =$	3,83	MPa

$\sigma_{c,0,d} =$	3,83	MPa	<	$f_{c,0,d} =$	17,28	MPa	⇒	Vyhovuje
--------------------	-------------	-----	---	---------------	--------------	-----	---	-----------------

Návrh svorníkového spoje :

třída svorníku 6.8 :			
výpočtová pevnost svorníku :	$f_{u,k} =$	600	MPa
průměr svorníku :	$d =$	20	mm
počet kusů :	$n =$	5	ks
působící excentricita	$e =$	310	mm

minimální rozteč :

$$a_2 = 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } 160 \text{ mm}$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) \cdot d = 80$$

$$\text{návrh : } 0 \text{ mm}$$

vzdálenost od čelní strany :

$$a_{3,c} = \max \left\{ \begin{array}{l} (6 + |\sin \alpha|) \cdot d \\ 4 \cdot d \end{array} \right\} = 140 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } 150 \text{ mm}$$

vzdálenost od kraje :

$$a_{4,c} = 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } 80 \text{ mm}$$

Zatížení jednoho svorníku :

$$F_v = \frac{V_{ED, \max}}{n} = 7,96 \text{ kN}$$

$$V_{ED, \max} \cdot e = 2 \cdot F_h \cdot 2a_2 + 2 \cdot F_h \cdot 1a_2 \Rightarrow F_h = \frac{V_{ED, \max} \cdot e}{6a_2} = 12,86 \text{ kN}$$

$$F_{v,ED} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = 15,13 \text{ kN}$$

plastický moment únosnosti jednoho svorníku :

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 434460,7 \text{ Nmm}$$

normálová síla ve vrcholu působí rovnoběžně s vlákny

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,65$$

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 21,81 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,2,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 13,22 \text{ MPa}$$

$$t_1 = 92 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 24324 \text{ N} \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} \right] = 40531 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 24650 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 24324 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 17513 \text{ N}$$

$$F_{V,ED} = 15,13 \text{ kN}$$

<

$$F_{V,Rd} = 17,51 \text{ kN}$$

 \Rightarrow **Vyhovuje**

Posudek únosnosti svorníku ve stříhu

charakteristické pevnosti svorníku :	$f_{yb} =$	640	MPa
	$f_{ub} =$	600	MPa
charakteristické pevnosti oceli :	$f_u =$	360	MPa
plocha svorníku :	$A_s =$	245	mm ²
	$\alpha_v =$	0,5	
vzdálenosti svorníků od kraje desky :	$e_1 =$	150	mm
	$e_2 =$	80	mm
osové vzdálenosti svorníků :	$p_1 =$	160	mm
průměr otvoru pro šroub :	$d_0 =$	22	mm
součinitel bezpečnosti :	$\gamma_{M2} =$	1,25	
	$\beta_w =$	0,80	

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 58,8 \text{ kN}$$

$F_{V,ED} = 15,13 \text{ kN}$	$<$	$F_{V,Rd} = 58,80 \text{ kN}$	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------------------------	-----	-------------------------------	---------------	-----------------

Posudek otláčení styčnickového plechu od svorníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 1,0 \\ 1,667 \\ 2,273 \\ 2,174 \end{array}$$

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \end{array} \right\} = \begin{array}{l} 2,5 \\ 8,482 \end{array}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ kN}$$

$F_{V,ED} = 15,13 \text{ kN}$	$<$	$F_{b,Rd} = 288 \text{ kN}$	\Rightarrow	Vyhovuje
-------------------------------	-----	-----------------------------	---------------	-----------------

Posudek svarového přípoje styčnickového plechu k patnímu plechu

posouvající síla vznikající ve svaru :	$V_{ED,max} =$	39,82	kN
působící excentricita :	$e =$	160	mm
návrh velikosti svaru :	$a =$	4	mm

$h_d = 800 \text{ mm}$	$>$	$6 \cdot a = 24 \text{ mm}$	\Rightarrow	Vyhovuje
------------------------	-----	-----------------------------	---------------	-----------------

$h_d =$	800	mm	>	30	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	-----------	----	---------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed, \max}}{a \cdot 2 \cdot h_d} = 24,89 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_w = \frac{V_{Ed, \max} \cdot e}{2 \cdot \frac{a \cdot h_d^2}{6}} = 119,46 \text{ MPa}$$

rovina nebezpečného průřezu :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_w \cdot \cos 45^\circ = 84,47 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 174,35 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

174,35	MPa	<	$f_u =$	360,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
---------------	-----	---	---------	---------------	-----	---------------	-----------------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} =$	84,47	MPa	<	288,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------------	--------------	-----	---	---------------	-----	---------------	-----------------

Návrh čepu

návrhová tlaková síla :

$$F_{ED} = \sqrt{N_{ED, \max}^2 + V_{ED, pr}^2} = 613,03 \text{ kN}$$

součinitel bezpečnosti :

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

návrh plechu : ocel S235

pevnostní charakteristiky :

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

návrh čepu : 8.8

pevnostní charakteristiky :

$$f_{y,p} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{u,p} = 800 \text{ MPa}$$

návrh tloušťky plechu :

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 35,8 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } t_1 = 36 \text{ mm}$$

$$t_2 = 2 \cdot 20 \text{ mm}$$

vzdálenost mezi plechy :

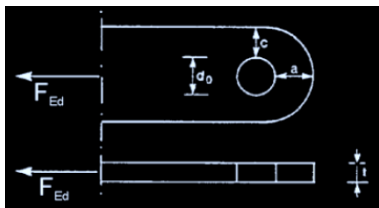
$$t_3 = 2 \text{ mm}$$

návrh průměru čepu :

$$d \leq 2,5 \cdot t = 90 \text{ mm}$$

$$\text{návrh : } d = d_0 = 60 \text{ mm}$$

geometrie průřezu :



$$a \geq \frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = 76,23 \quad \text{mm}$$

návrh : a= 80 mm

$$c \geq \frac{F_{ED} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 56,23 \quad \text{mm}$$

návrh : c= 60 mm

plocha průřezu čepu :

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2827 \quad \text{mm}^2$$

únosnost čepu ve střihu :

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \frac{A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = 1085,7 \quad \text{kN}$$

$F_{v,Rd} = 1085,7 \quad \text{kN}$	>	$F_{ED} = 613,03 \quad \text{kN}$	⇒	Vyhovuje
-------------------------------------	---	-----------------------------------	---	----------

únosnost čepu a plechu v otláčení :

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t_1 \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 761,4 \quad \text{kN}$$

$F_{b,Rd} = 761,4 \quad \text{kN}$	>	$F_{ED} = 613,03 \quad \text{kN}$	⇒	Vyhovuje
------------------------------------	---	-----------------------------------	---	----------

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot 2 \cdot t_2 \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 846,0 \quad \text{kN}$$

$F_{b,Rd} = 846,0 \quad \text{kN}$	>	$F_{ED} = 613,0 \quad \text{kN}$	⇒	Vyhovuje
------------------------------------	---	----------------------------------	---	----------

únosnost čepu v ohybu :

$$M_{ED} = \frac{F_{ED}}{8} \cdot (t_1 + 2 \cdot t_2 + 4 \cdot t_3) = 6,4 \quad \text{kNm}$$

modul průřezu čepu :

$$W_0 = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 21206 \quad \text{mm}^3$$

$$M_{RD} = 1,5 \cdot W_0 \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{M0}} = 20,4 \quad \text{kNm}$$

$M_{RD} = 20,4 \quad \text{kNm}$	>	$M_{ED} = 6,4 \quad \text{kNm}$	⇒	Vyhovuje
----------------------------------	---	---------------------------------	---	----------

Posudek svarového přípoje desky t_1 k patnímu plechu

posouvající síla vznikající ve svaru :

$$V_{ED,max} = 39,82 \quad \text{kN}$$

působící excentricita :

$$e = 140 \quad \text{mm}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = 4 \quad \text{mm}$$

$h_d =$	300	mm	>	$6 \cdot a =$	24	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	---------------	-----------	----	---------------	-----------------

$h_d =$	300	mm	>	30	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	-----------	----	---------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed, \max}}{a \cdot 2 \cdot h_d} = 16,59 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_w = \frac{V_{Ed, \max} \cdot e}{2 \cdot \frac{a \cdot h_d^2}{6}} = 46,5 \text{ MPa}$$

rovina nebezpečného průřezu :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_w \cdot \cos 45^\circ = 32,85 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 71,71 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360,00 \text{ MPa}$$

71,71	MPa	<	360,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------	------------	---	---------------	------------	---------------	-----------------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} =$	32,85	MPa	<	288,00	MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
--------------------	--------------	------------	---	---------------	------------	---------------	-----------------

Posudek svarového přípoje desek t_2 k čelnímu plechu

posouvající síla vznikající ve svaru :

$$V_{ED, n} = \frac{V_{ED, \max}}{2} = 19,91 \text{ kN}$$

působící excentricita :

$$e = \mathbf{140} \text{ mm}$$

návrh velikosti svaru :

$$a = \mathbf{4} \text{ mm}$$

$h_d =$	300	mm	>	$6 \cdot a =$	24	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	---------------	-----------	----	---------------	-----------------

$h_d =$	300	mm	>	30	mm	\Rightarrow	Vyhovuje
---------	------------	----	---	-----------	----	---------------	-----------------

smykové napětí ve směru svaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed, n}}{a \cdot h_d} = 16,59 \text{ MPa}$$

napětí kolmo na směru svaru :

$$\sigma_w = \frac{V_{Ed, n} \cdot e}{\frac{a \cdot h_d^2}{6}} = 46,5 \text{ MPa}$$

rovina nebezpečného průřezu :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sigma_w \cdot \cos 45^\circ = 32,85 \text{ MPa}$$

posudek svaru :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 71,71 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360,00 \text{ MPa}$$

71,71 MPa	<	360,00 MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
-----------	---	------------	---------------	----------

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} =$ 32,85 MPa	<	288,00 MPa	\Rightarrow	Vyhovuje
------------------------------	---	------------	---------------	----------